

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta - Katedra fyziky

Cobra3

Bakalářská práce

Vedoucí práce: RNDr. Pavel Kříž, Ph.D.

Autor: Roman Kovácsik

Anotace

Úkolem této bakalářské práce je popis zařízení Cobra3 firmy Phywe, které je vhodnou učební pomůckou v praktických cvičeních z fyziky. Dalším cílem práce je teoretické navržení a následné praktické zpracování pokusů vhodných k práci ve školních laboratorních podmínkách. Závěrečná část práce se zabývá vyhodnocením výhod, či nevýhod použití tohoto zařízení oproti klasickému měření a vyhodnocování výsledků.

Abstract

The aim of this Bachelor Thesis is to describe the Cobra device by Phywe company that is a suitable tutorial instrument for practical training in physics. Its other aim is theoretical design and subsequent practical processing of experiments fit for school laboratories. The concluding part of the Thesis deals with evaluation of advantages or disadvantages of this device compared with classical measuring and evaluation of results.

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne: 23. 4. 2010

Touto formou děkuji svému konzultantovi RNDr. Pavlovi Křížovi, Ph.D., za cenné rady a připomínky při zpracování mé práce.

Obsah

1. Úvod.....	5
2. Popis zařízení Cobra3.....	6
3. Praktické úlohy.....	12
3.1. Mechanika.....	12
3.1.1. Volný pád se stínítkem.....	12
3.1.2. Matematické kyvadlo.....	18
3.2. Molekulová fyzika.....	24
3.2.1. Tepelná kapacita kalorimetru.....	24
3.2.2. Měrné skupenské teplo tání ledu.....	30
3.3. Zvuk.....	33
3.3.1. Fourierova analýza tónů.....	33
3.3.2. Analýza řeči.....	46
3.4. Elektřina.....	49
3.4.1. Ohmův zákon.....	49
3.4.2. Práce a výkon.....	57
4. Závěr.....	65
5. Seznam literatury.....	66

1. Úvod

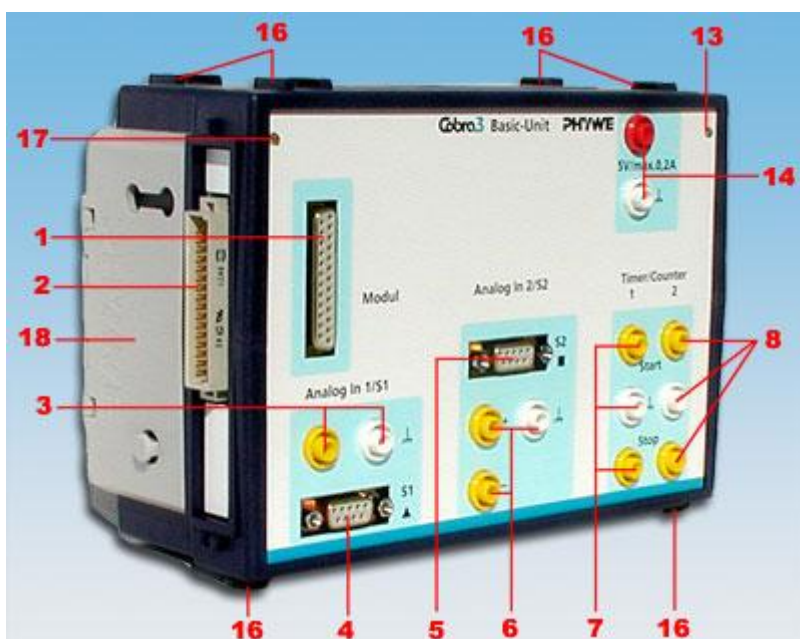
Úkolem této práce je popis zařízení Cobra3 firmy Phywe, návrh úloh z praktické fyziky s návody měření. Dále se zabývá vyhodnocením těchto úloh. Práce poukazuje na možnost zlepšení fyzikálních pokusů s pomocí tohoto zařízení, s ohledem na dnešní dobu digitalizace. Díky tomuto zařízení by se mělo docílit přesnějších výsledků měření. Dříve nebylo možné zpracovávat při běžných fyzikálních pokusech takové množství údajů a zároveň s nimi tak jednoduše pracovat. Dále zařízení Cobra3 ponechává běžné postupy práce, tak jako tomu je v běžných pokusech, které se využívají ve fyzikálních praktikách na školách. V práci jsou pokusy ze čtyř oblastí fyziky, z každé oblasti jsou dva pokusy. Jmenovitě se jedná o mechaniku, molekulovou fyziku, zvuk a elektřinu. Pomocí Cobra3 lze provádět i pokusy z chemie, nebo biologie, ale tato práce si klade za cíl poukázat pouze na fyzikální měření. V závěru se zabývá vyhodnocením výhod použití tohoto zařízení v běžné praxi.

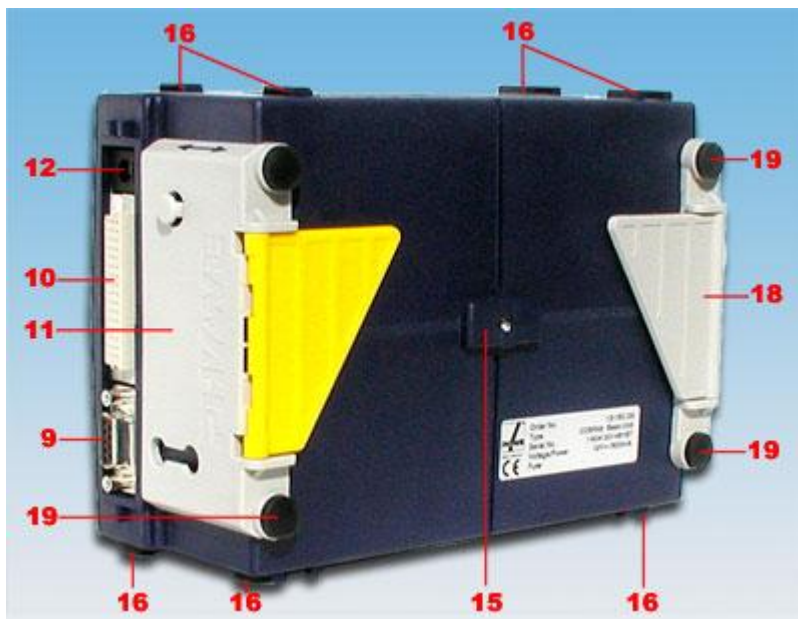
2. Popis zařízení Cobra3 [1]

Cobra3 je zařízení, které je pomocí elektrických veličin schopno měřit fyzikální veličiny, například teplotu, napětí atd. Je to zařízení, které je propojeno s osobním počítačem pomocí softwaru (writer, timer, translation, frekvence,...) schopno vyhodnocovat měření a tím do značné míry ulehčit práci. Tento software se instaluje pomocí CD od výrobce do počítače. Práce tímto softwarem je velice jednoduchá. Níže jsou popsány základní jednotka a pomůcky přístroje s technickými údaji.

Základní jednotka Cobra3

Základní jednotka Cobra3 má rázuvzdornou plastovou skříňku, kterou lze položit, postavit svisle, šikmo nebo upevnit na stojan. Využívá externí interface k fyzikálnímu, chemickému a biologickému měření. Základní jednotka se ovládá pomocí osobního počítače, nebo ovládací jednotky Cobra3. Je ji možno rozšířit měřicími moduly a čidly k měření neelektrických veličin.





1. port měřicích modulů, např. k měření síly, magnetické indukce, teploty, pH, osvětlení, atd.; zásuvka canon25
2. boční 48-pólová vidlice k elektrickému připojení dalších jednotek Cobra3 do kaskády, mechanicky je spojení zajištěno nepohyblivou deskou s úchyty 18
3. analogový vstup ANALOG IN 1, rozsahy ± 30 / ± 10 V, zdířky pro banánky, vstupní odpor proti zemi $0,5 \text{ M}\Omega$
4. port S1 k připojení čidel, nevyžadujících měřicí moduly; zásuvka canon9, při použití adaptéru měřicích modulů Cobra lze také k tomuto portu připojit měřicí modul
5. port S2 k připojení čidel, nevyžadujících měřicí moduly; zásuvka canon9, při použití adaptéru měřicích modulů Cobra lze také k tomuto portu připojit měřicí modul
6. diferenciální analogový vstup ANALOG IN 2, rozsahy ± 30 / ± 10 / ± 3 / ± 1 / $\pm 0,3$ / $\pm 0,1$ V, zdířky pro banánky, vstupní odpor $1 \text{ M}\Omega$
7. časový spínač a čítač TIMER / COUNTER 1, 3 zdířky pro banánky s funkcí START, STOP a společným uzemněním; ovládání impulsy TTL, sepnutím nebo rozepnutím kontaktu; tento vstup lze použít k měření času, jako čítač, nebo jako vstup TTL; kapacita čítače 32 bitů, rozlišení 1000 ns, ochrana proti přepětí 35 V
8. časový spínač a čítač TIMER / COUNTER 2, 3 zdířky pro banánky s funkcí START, STOP a společným uzemněním; ovládání impulsy TTL, sepnutím nebo rozepnutím kontaktu; tento vstup lze použít k měření času, jako čítač, nebo jako vstup TTL; navíc lze použít jako čítač s nastavitelnou dobou měření; kapacita čítače 40 bitů, rozlišení 250 ns, ochrana proti přepětí 35 V
9. sériový port k připojení PC, přenosová rychlost maximálně 115 200 bit/s
10. boční 48-pólová zásuvka k elektrickému připojení dalších jednotek Cobra3 do kaskády, mechanicky je spojení zajištěno posuvnou deskou s úchyty 11
11. posuvná deska s úchyty, sloužící k mechanickému spojení jednotek Cobra3, výklopné křídlo slouží jako opora v poloze přístroje našikmo

12. napájecí koaxiální konektor 5 mm k připojení vnějšího napájecího zdroje 12 V ss / 0,5 A, při zapojení více jednotek Cobra3 do kaskády stačí jeden zdroj s odpovídajícím výkonem
13. zelená luminiscenční dioda, signalizující zapnutí přístroje
14. zdroj stabilizovaného napětí 5 V ss / 0,2 A k přímému napájení např. světelných závor, zdířky pro banánky
15. nálietek a závit k upevnění přístroje na stojan pomocí svěrky
16. rybiny k mechanickému upevnění jednotek Cobra3 na sebe
17. žlutá luminiscenční dioda sloužící jako signálka
18. nepohyblivá deska s úchyty k mechanickému spojení jednotek Cobra3, výklopné křídlo slouží jako opora v poloze přístroje našikmo
19. gumové protiskluzové polštářky

Analogové vstupy obecně:

vzorkovací frekvence: maximálně 500 kHz

režim v reálném čase: do 5 kHz

jednorázové děje: 5 Hz – 500kHz

rozlišení: 12 bitů

ochrana proti přepětí: 230 V st

spouštění: nastavitelné

Poznámky k současnému měření 2 veličin:

- je-li obsazen port měřicích modulů, zdířky pro banánky vstupu ANALOG IN 1 jsou zablokovány; napětí lze potom měřit pomocí portu čidel S1, nebo pomocí zdířek ANALOG IN 2
- je-li obsazen port čidel S1, nelze měřit napětí pomocí zdířek ANALOG IN 1
- je-li obsazen port čidel S2, nelze měřit napětí pomocí zdířek ANALOG IN 2

Možné kombinace současného měření 3 veličin:

- 3 měřicí moduly
- 2 měřicí moduly a 1 čidlo nebo napětí
- 1 měřicí modul a 2 čidla nebo napětí

Obecné

rozměry: 190 x 135 x 90 mm

hmotnost: 850 g

Teplotní čidlo polovodičové

Polovodičové teplotní čidlo je termistor PTC v nerezové ochranné trubici k měření ve spojení se základní jednotkou Cobra3.



průměr ochranné trubice:	6 mm
délka ochranné trubice:	200 mm
rozsah:	-20...+110°C
rozlišení:	0,5°C na portu čidel S1 0,2°C na portu čidel S2
délka přívodního kabelu:	150 cm
připojení:	vidlice canon9

Měřicí mikrofon 50 Hz...20 kHz

Měřicí mikrofon je připojen k zesilovači kabelem 1,5 m, což umožňuje snadnou manipulaci. Zesilovač umožňuje spojitě nastavitelné zesílení, má nízký příkon zesilovače, napájení baterií 9 V a připojuje se pomocí zdířek pro banánky.



šířka vidlice:	40 mm
užitečná hloubka vidlice:	30 mm
maximální frekvence:	25 kHz
náběžná hrana:	max 500 ns
připojení:	zdičky pro banánky
provozní napětí:	5 V \pm 5%
vstupní proud:	80 mA
vnější rozměry:	90 x 15 x 72,5 mm
počet zubů kotouče:	20
průměr drážky kotouče:	25 mm

Optická závora

Optická závora funguje na principu měření doby zastínění infračerveného svazku. K měření lze také použít odnímatelný ozubený kotouč s drážkou na obvodu, sloužící ke snímání pohybu. Optická závora má krátkodobou ochranu proti opačné polaritě. Dále má ochranu výstupu TTL proti krátkodobému zkratu a 4 vnitřní závity M6 k upevnění stojanového dřívku 100 mm .



šířka vidlice:	40 mm
užitečná hloubka vidlice:	30 mm
maximální frekvence:	25 kHz
náběžná hrana:	max 500 ns
připojení:	zdfčky pro banánky
provozní napětí:	5 V \pm 5%
vstupní proud:	80 mA
vnější rozměry:	90 x 15 x 72,5 mm
počet zubů kotouče:	20
průměr drážky kotouče:	25 mm

3. Praktické úlohy

3.1. Mechanika

3.1.1. Volný pád se stínítkem

Úkol

Změřte tíhové zrychlení pomocí zařízení Cobra3 a zjistěte závislost tíhového zrychlení na hmotnosti padajícího tělesa.

Teorie [2],[3]

Volný pád je pohyb tělesa o hmotnosti m v homogenním gravitačním poli, při kterém počáteční rychlost tělesa je nulová a kromě gravitační síly na těleso nepůsobí žádná další síla, popř. jsou další síly zanedbatelné (tzn. odpor prostředí se zanedbává).

Při volném pádu se hmotný bod pohybuje přímočarým, rovnoměrně zrychleným pohybem, jehož zrychlení je rovno tíhovému zrychlení.

Pohybové rovnice:

Pomineme-li odpor okolního prostředí a uvažujeme-li pouze homogenní gravitační pole, působí na pohybující se těleso pouze síla ve vertikálním směru o velikosti

$$F = -mg \quad (1),$$

kde g je gravitační zrychlení (popř. tíhové zrychlení). V našich zeměpisných šířkách je g rovno $9,81 \text{ m/s}^2$. Záporným znaménkem se označuje, že těleso padá směrem dolů (daná souřadnicová osa je totiž obvykle orientována směrem vzhůru). Pohybová rovnice v daném směru má tvar

$$F = ma \quad (2),$$

kde a je zrychlení tělesa.

Z předchozích vztahů dostaneme rovnost

$$ma = -mg \quad (3)$$

neboli (pro $g > 0$):

$$a = -g \quad (4)$$

Je vidět, že velikost hmotnosti m tělesa nemá na pohyb vliv. Všechna tělesa padají se stejným zrychlením g .

Kinematika pohybu:

Volný pád je tedy rovnoměrně zrychlený přímočarý pohyb se zrychlením rovným gravitačnímu zrychlení. Ze vztahů pro rovnoměrně zrychlený přímočarý pohyb (za předpokladu, že osa y směřuje vertikálně) plyne

$$v = v_0 - gt \quad (5)$$
$$y = y_0 + v_0 t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (6)$$

kde v_0 určuje velikost počáteční rychlosti (tedy rychlosti v čase $t = 0$) a y_0 určuje počáteční polohu (resp. výšku).

V takto zvolené soustavě souřadnic tedy těleso padá proti směru osy y .

Pád z klidu:

Pustíme-li těleso z klidu, má v okamžiku vypuštění $t = 0$ nulovou rychlost $v_0 = 0$. Položíme-li navíc počátek souřadné soustavy do bodu vypuštění, tedy $y_0 = 0$, pak platí

$$v = -gt \quad (7)$$
$$y = -\frac{1}{2}gt^2 \quad (8)$$

Vyloučíme-li z těchto rovnic čas t , dostaneme závislost rychlosti na poloze

$$v^2 = -2gy \quad (9)$$

Změníme-li souřadnice tak, aby označovaly výšku, tzn. $-y = h$, dostaneme vzorec pro rychlost pádu tělesa z dané výšky ve tvaru

$$v = \sqrt{2gh} \quad (10)$$

Energie:

Při volném pádu se gravitační potenciální energie mění na kinetickou energii tělesa.

Tíhové zrychlení je zrychlení těles na Zemi, které je výsledkem složení gravitačního zrychlení a odstředivého zrychlení, jež vzniká jako důsledek otáčení Země. Jednotkou tíhového zrychlení je m/s^2 .

Velikost gravitačního a odstředivého zrychlení není vždy stejná. Závisí na hustotě tělesa a na vzdálenosti od středu tělesa (např. Země, Měsíce).

Místní tíhové zrychlení závisí na geografické šířce a nadmořské výšce. Na rovníku v úrovni mořské hladiny má hodnotu asi $g = 9,780 m/s^2$ na 45. stupni šířky $g = 9,80665 m/s^2$, na pólu $g = 9,832 m/s^2$, v Brně $g = 9,809980 m/s^2$.

Na jeden metr h výšky se snižuje g o $3 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$, za předpokladu, že je výška vzhledem k zemskému průměru malá.

Pomůcky

Základní jednotka Cobra3

Napájecí zdroj

Datový kabel Cobra3

Timer / Counter Software

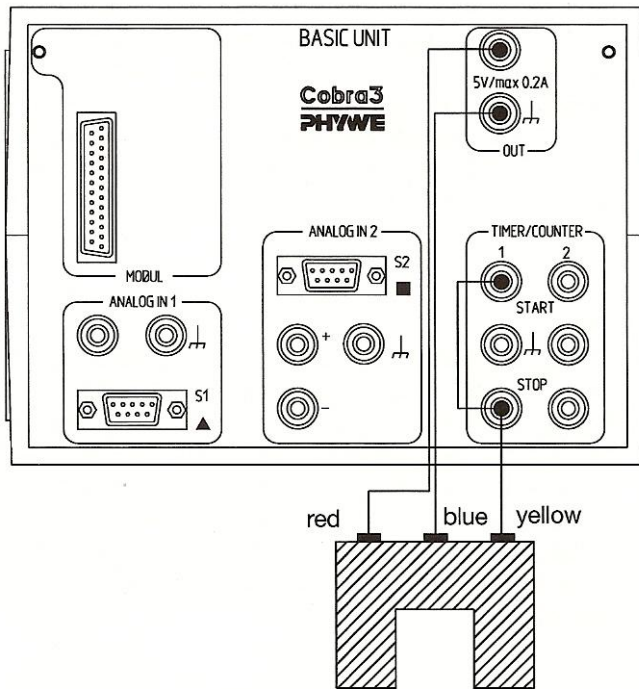
Optická závora

Napájecí kabely

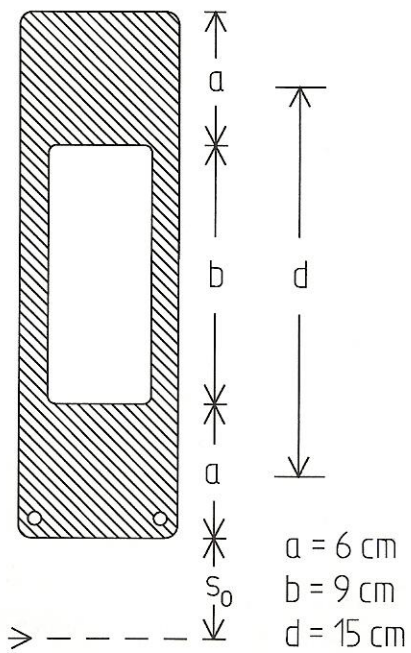
Postup měření

Nejprve je třeba zapojit optickou závoru k základní jednotce Cobra3 podle schématu (obr.5). K měření je zapotřebí software Cobra3 Timer/Counter. Na Timer/Counter se nastaví parametry měření podle obr. 7, tedy trigger se označí na druhý sloupec nahoře. Dále se nastaví měřené jednotky na m/s. Parametry stínítka jsou digits 3 a délka 0,06 m podle obr. 6, protože stínítka má tři rozměry a směrodatný je rozměr $a = 6 \text{ cm}$, proto délka 0,06 m. Stínítka je vyobrazeno na obrázku 6. Měření se spustí automaticky pohybem stínítka optickým paprskem optické závory. Toto měření má neomezený počet údajů, proto lze naměřit velké množství hodnot a poté vybrat ty přesnější. Samotné měření probíhá tak, že optická závora se položí na okraj stolu tak, aby čidla mohla zaznamenávat údaje z prolétajícího stínítka. Stínítka se při měření podrží nad optickou závorou tak, aby bylo v kolmé, rovné a nehybné poloze ke stolu, poté se pustí na zem. V případě zavěšení závaží nesmí tyto závaží protínat optický paprsek závory. Optická závora začne měřit první čas (Cobra3 ho přepočítá na rychlost) v okamžiku, kdy stínítka dolním okrajem přetne paprsek na čidlu optické závory, tento čas přestane být měřen v okamžiku, kdy paprsek protne začátek mezery v dolní části na stínítka podle obrázku 6. Druhý čas (rychlost) se získá tak že paprsek protne stínítka na konci mezery v horní části obrázku a měření skončí pro druhou rychlost v době, kdy se paprsek dostane na konec stínítka v horní části. Tím měření končí a lze pokračovat znovu od začátku. Dvojice změřených rychlostí se ukládá do tabulky. Proto lze při vyhodnocování vynechat všechna měření, která jsou naprosto scestná. Vyhodnocení, tedy vypočtení gravitačního zrychlení je třeba provést v tabulkovém procesoru. K výpočtu gravitačního zrychlení se využijí obě naměřené rychlosti a to podle vzorce $g = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2d}$ (11).

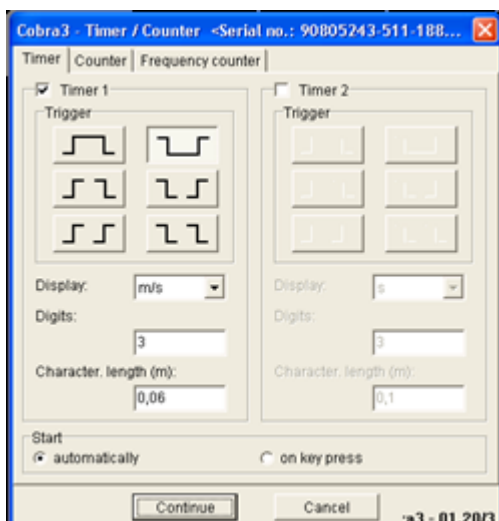
Schéma zapojení a stínítka



Obr. 5 Schéma zapojení [4]



Obr. 6 Stínítko [4]



Obr. 7 Nastavení měření

Přehled výsledků

m [g]	v_1 [m/s]	v_2 [m/s]	g [m/s^2]
0	0,750	1,871	9,79
0	0,946	1,970	9,95
0	1,001	1,995	9,93
0	0,921	1,954	9,90
0	1,016	1,993	9,80
0	0,975	1,982	9,93
0	0,849	1,916	9,83
		$g_{prům}$	9,88
		v	0,02

Tab. 5 Tíhové zrychlení bez závaží

m [g]	v_1 [m/s]	v_2 [m/s]	g [m/s^2]
60	0,794	1,905	10,00
60	0,902	1,941	9,85
60	0,927	1,958	9,91
60	0,909	1,933	9,70
60	0,882	1,936	9,90
60	0,928	1,963	9,97
60	0,918	1,956	9,94
		$g_{prům}$	9,90
		v	0,03

Tab. 6 Tíhové zrychlení s 60g závažím

m [g]	v_1 [m/s]	v_2 [m/s]	g [m/s^2]
100	0,919	1,946	9,81
100	0,971	1,981	9,94
100	0,929	1,960	9,93
100	0,976	1,977	9,85
100	0,951	1,971	9,93
100	0,927	1,955	9,88
100	0,960	1,975	9,93
		$g_{prům}$	9,90
		v	0,01

Tab. 7 Tíhové zrychlení s 60g závažím

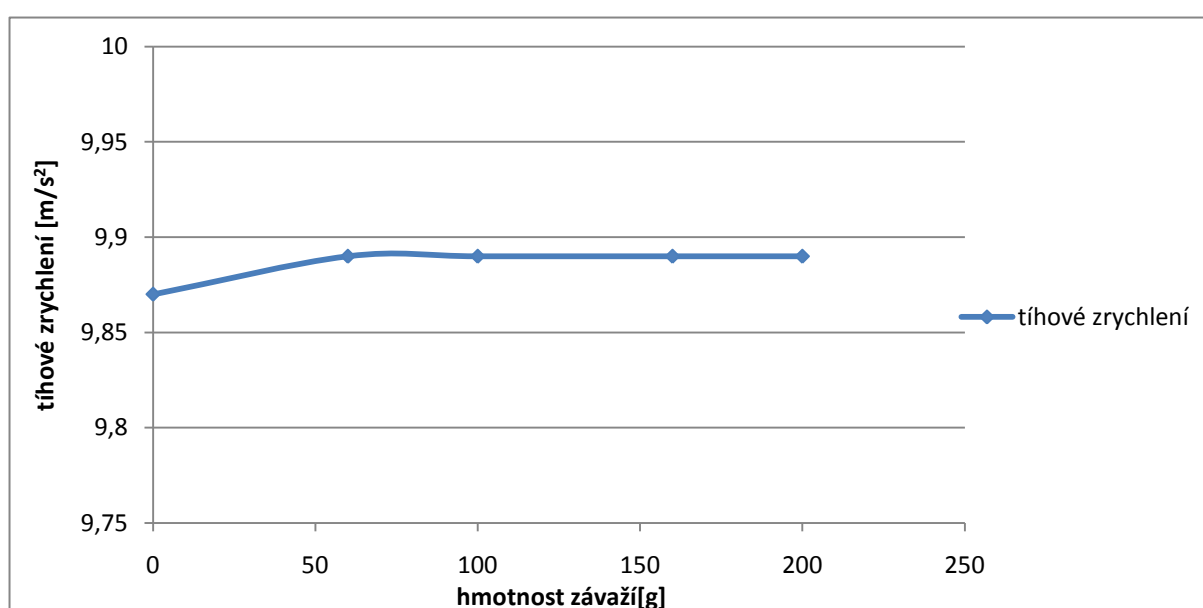
m [g]	v_1 [m/s]	v_2 [m/s]	g [m/s^2]
160	0,929	1,962	9,95
160	0,888	1,943	9,96
160	0,935	1,962	9,92
160	0,954	1,972	9,93
160	0,965	1,952	9,60
160	1,051	2,025	9,99
160	0,959	1,972	9,90
		$g_{prům}$	9,89
		v	0,03

Tab. 8 Tíhové zrychlení s 60g závažím

m [g]	v ₁ [m/s]	v ₂ [m/s]	g [m/s ²]
200	1,039	2,012	9,90
200	0,926	1,961	9,96
200	0,924	1,963	10,00
200	0,887	1,924	9,72
200	0,893	1,939	9,87
200	0,862	1,933	9,98
200	0,947	1,961	9,83
g _{prům}			9,89
v			0,02

Tab. 9 Tíhové zrychlení s 200g závažím

Graf



Graf 1. Závislost tíhového zrychlení na hmotnosti

Závěr

Toto měření s určitostí neprokázalo, že tíhové zrychlení není závislé na různé hmotnosti tělesa. Výsledky se příliš od sebe neliší, pouze bez závaží bylo dosaženo průměrného výsledku 9,87 m/s² a se všemi ostatními závažími, tedy s 60 g, 100g, 160g a 200g bylo dosaženo shodných průměrných výsledků 9,89 m/s². V našich zeměpisných šířkách je tíhové zrychlení přibližně 9,81 m/s², proto mohlo dojít k nepřesnostem měření i přes velký počet měření a smazání hodnot z nepovedených měření. Například mohlo dojít k naklonění stínítka při pádu, čím se mohli opticky pro čidla na optické závoře zmenšit rozměry stínítka, tím závora mohla zaznamenat menší čas. Cobra3 z nepřesných časů vypočítala neodpovídající rychlosti a tím pádem vychází o málo větší gravitační zrychlení. Právě k náklonu stínítka mohlo dojít často. Přesnějších výsledků lze docílit tím, že by se provedlo mnohonásobně větší počet měření a smazali by se hodnoty z nepovedených měření.

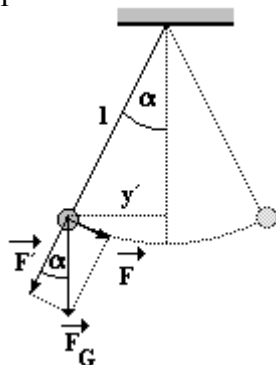
3.1.2. Matematické kyvadlo

Úkol

Změřte pomocí zařízení Cobra3 periodu matematického kyvadla a zjistěte její závislost na délce kyvadla a hmotnosti hmotného bodu zavěšeného na niti. Dále zjistěte závislost periody na počátečním úhlu vychýlení kyvadla a spočítejte tíhové zrychlení.

Teorie [5]

Matematické kyvadlo je matematickým modelem kyvadla. Jedná se o nejjednodušší model kyvadla. U matematického kyvadla se uvažuje pouze hmotný bod zavěšený na tenkém vlákně zanedbatelné hmotnosti, zanedbává se odpor vzduchu tření v závěsu a gravitační pole se považuje za homogenní. Matematické kyvadlo je mechanický oscilátor, tedy zařízení, které po dodání počáteční energie volně kmitá bez vnějšího působení. Při malých výchylkách je průběh tohoto kmitání harmonický, lze jej tedy vyjádřit pomocí funkce sinus.



Obr.8. Matematické kyvadlo [6]

Na hmotný bod působí jen tíhová síla a tahová síla vlákna, která ho udržuje stále ve stejné vzdálenosti od závěsu. Velikost výsledné síly je

$$F = mg \sin \varphi \quad (12),$$

kde g je tíhové zrychlení a φ je úhel, o který je vlákno vychýleno z rovnovážné polohy.

Diferenciální rovnice pro popis pohybu kyvadla je z 2. Newtonova pohybového zákona tedy

$$\ddot{\varphi} = -\frac{g}{l} \sin \varphi \quad (13),$$

kde l je délka vlákna. Pokud je maximální výchylka z rovnovážné polohy φ_{\max} malá ($<5^\circ$), lze funkci sinus nahradit lineární funkcí

$$\sin \varphi \approx \varphi \quad (14).$$

Diferenciální rovnice má proto jednodušší tvar

$$\ddot{\varphi} \approx -\frac{g}{l} \varphi \quad (15).$$

Tato rovnice má řešení

$$\varphi(t) = \varphi_0 \cos \left(\sqrt{\frac{g}{l}} \cdot t \right) \quad (16),$$

kde φ_0 je počáteční výchylka a t je čas, což je rovnice harmonického oscilátoru s periodou

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (17).$$

Je vidět, že periodu ovlivňuje pouze délka kyvadla, hmotnost závaží na ni nemá vliv.

Z výše uvedené rovnice lze vypočítat gravitační zrychlení.

$$g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2} \quad (18)$$

Dlouhý závěs a velká hmotnost závaží jsou nutné pro výhodný poměr velikostí tíhové a odporové síly vzduchu. V praxi totiž odporová síla na tělesa působí a proto je nutné její velikost vůči velikosti jiné síly (v tomto případě tíhové) potlačit.

Pomůcky

Základní jednotka Cobra3

Napájecí zdroj

Datový kabel Cobra3

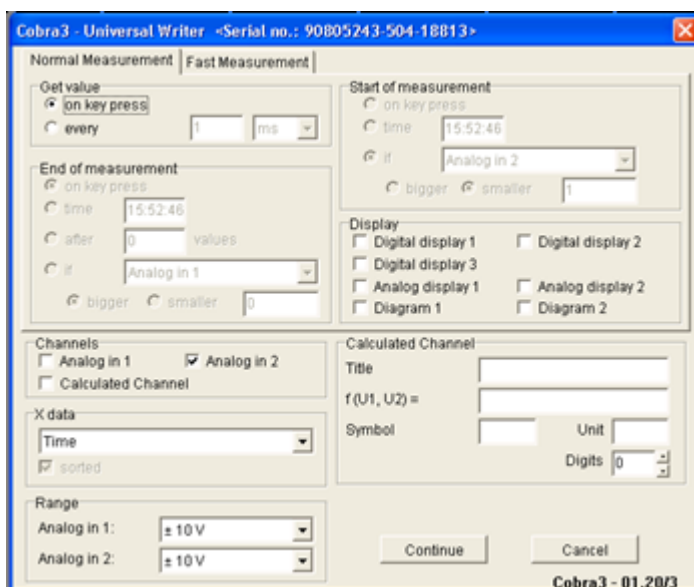
Universal writer software

Optická závora

Napájecí kabely

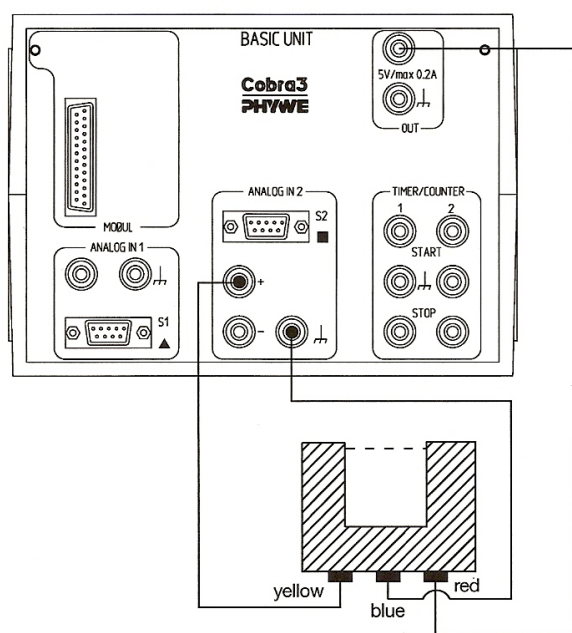
Postup měření

Obvod se zapojí podle schématu (obr.10). Toto měření se provádí pomocí softwaru Cobra3 - Universal writer, kde se nastaví zaznamenávání dat po 2ms (popřípadě 1ms), vzhledem k zapojení se nastaví kanál Analog in 2. Na osu x se nastaví čas, začátek měření na zaznamenání pohybu optickou závorou. Konec měření na stisk tlačítka. Možnosti nastavení pomocí Cobra3 – Universal Writeru jsou vidět na obrázku č.9. K měření se využije školního kyvadla (vyobrazeno na obrázku 11), na které se jednoduše připevní optická závora tak, aby kyvadlo protínalo optickou závoru. Na konci nitě je přivázána matice. Dále musí nit, nikoli matice přerušovat nulový bod (optický paprsek) optické závory. Samotné měření probíhá tak, že se vychýlí kyvadlo a pustí rovně, aby matice na konci kyvadla opisovala rovnou trajektorii a nedocházelo k nepřesnostem měření. Nepřesnostmi je myšleno vychýlení trajektorie kyvadla, čím se změní změřena perioda. Po zhruba 15 sekundách se zastaví měření. Časy se měří pro kmit, tedy pro polovinu kyvu.

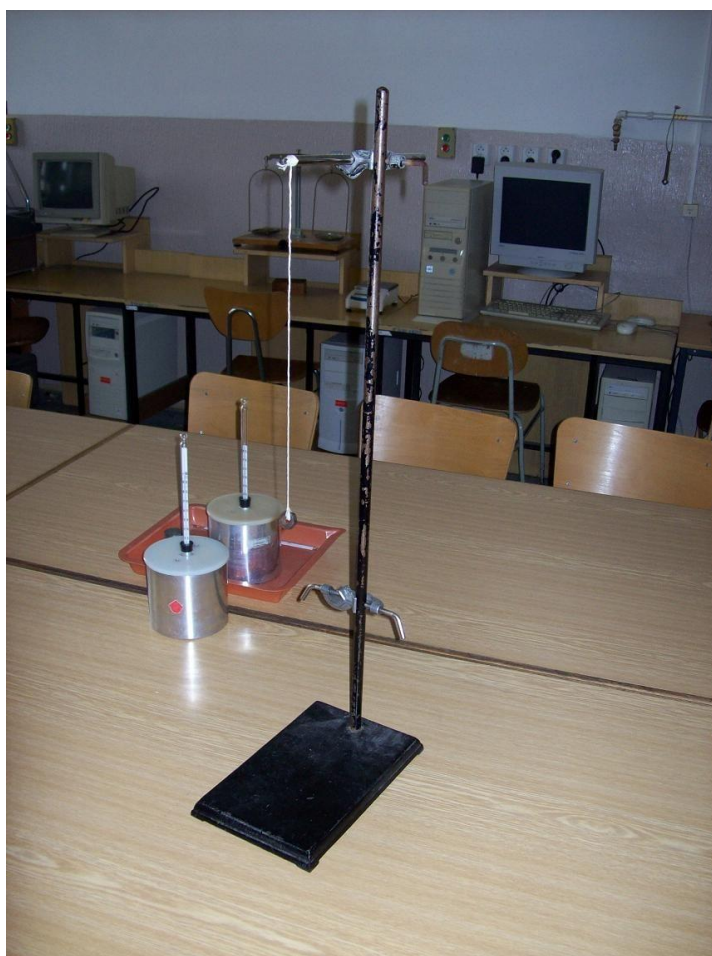


Obr. 9 Nastavení měření pomocí

Schéma zapojení



Obr. 10 Schéma zapojení [4]



Obr. 11 Matematické kyvadlo

Přehled výsledků

l [m]	T početní	T změřená
0,19	0,874	0,864
0,255	1,013	1,008
0,32	1,134	1,127
0,38	1,236	1,229
0,41	1,284	1,281
0,47	1,375	1,368
0,52	1,446	1,431
	v	0,051

Tab.9. Závislost periody na délce vlákna

l = 49 cm

m [g]	T změřená
0	1,404
20	1,407
30	1,410
50	1,420
60	1,425
70	1,430
v	0,003

Tab.10. Závislost periody na hmotnosti hmotného bodu

l = 32 cm

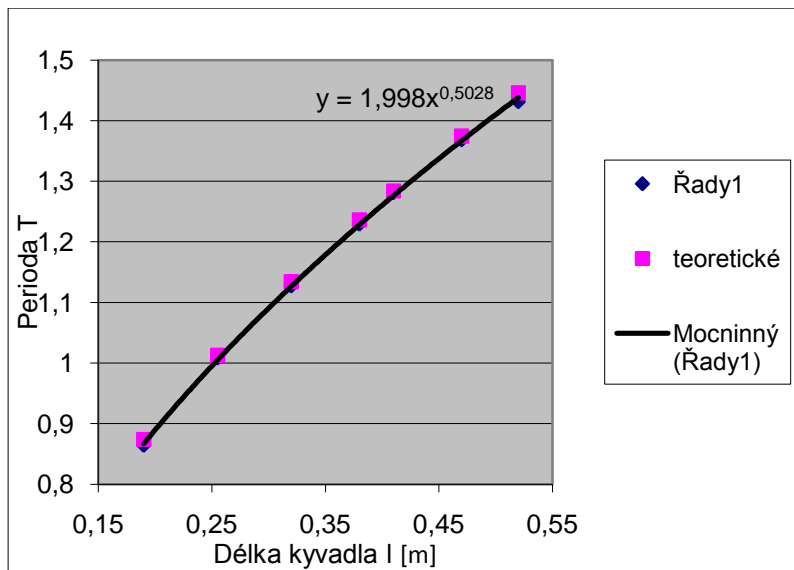
α [°]	T změřená
10	1,132
20	1,141
30	1,151
45	1,160
v	0,004

Tab.11. Závislost periody na úhlu rozkyvu

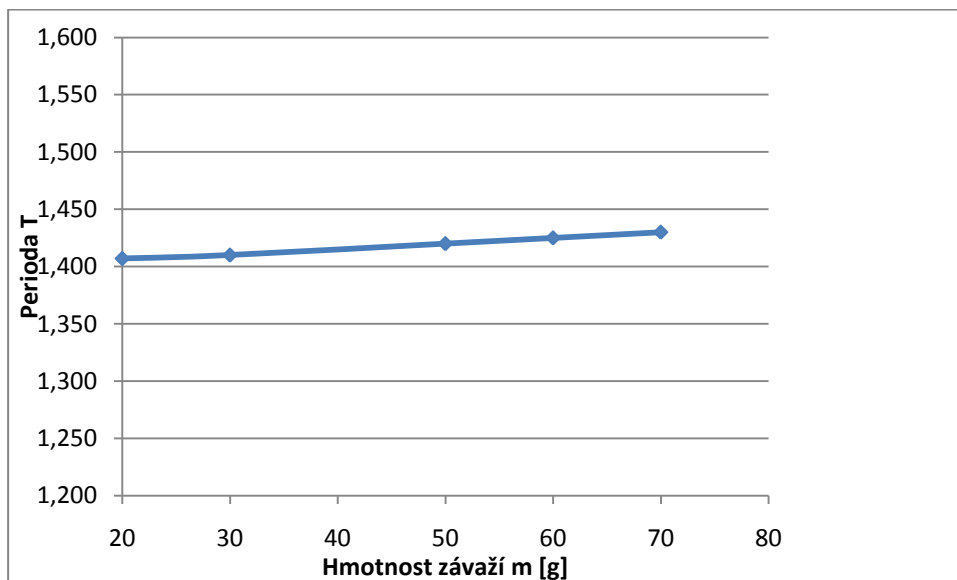
l [m]	T změřená	g [m/s ²]
0,19	0,864	10,048
0,255	1,008	9,908
0,32	1,127	9,946
0,38	1,229	9,932
0,41	1,281	9,864
0,47	1,368	9,915
0,52	1,431	10,025
0,49	1,404	9,813
0,49	1,407	9,772
0,49	1,410	9,73
0,49	1,420	9,594
0,49	1,425	9,526
0,49	1,430	9,46
0,32	1,132	9,859
0,32	1,141	9,704
0,32	1,151	9,536
0,32	1,160	9,388
	průměr g	9,766

Tab.12. Tíhové zrychlení

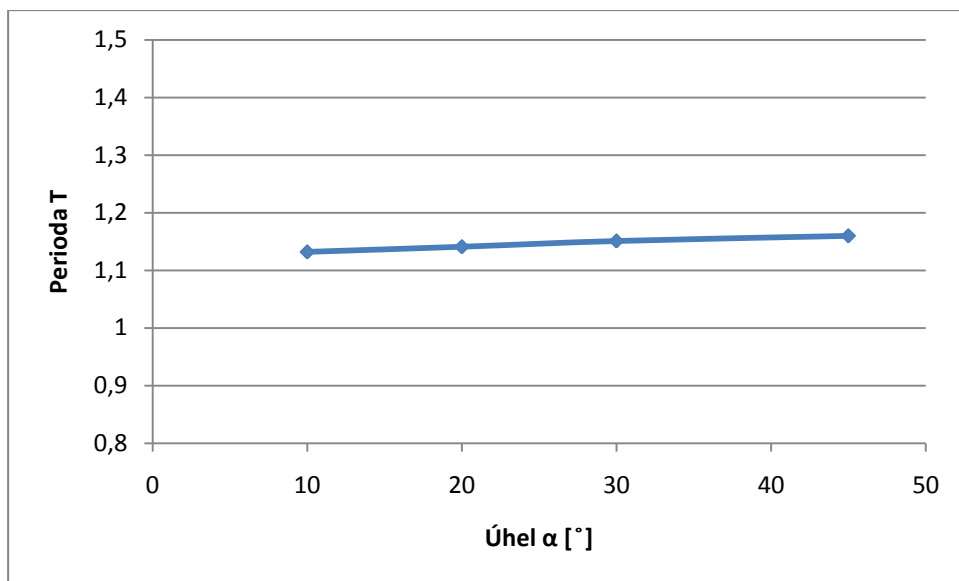
Grafy



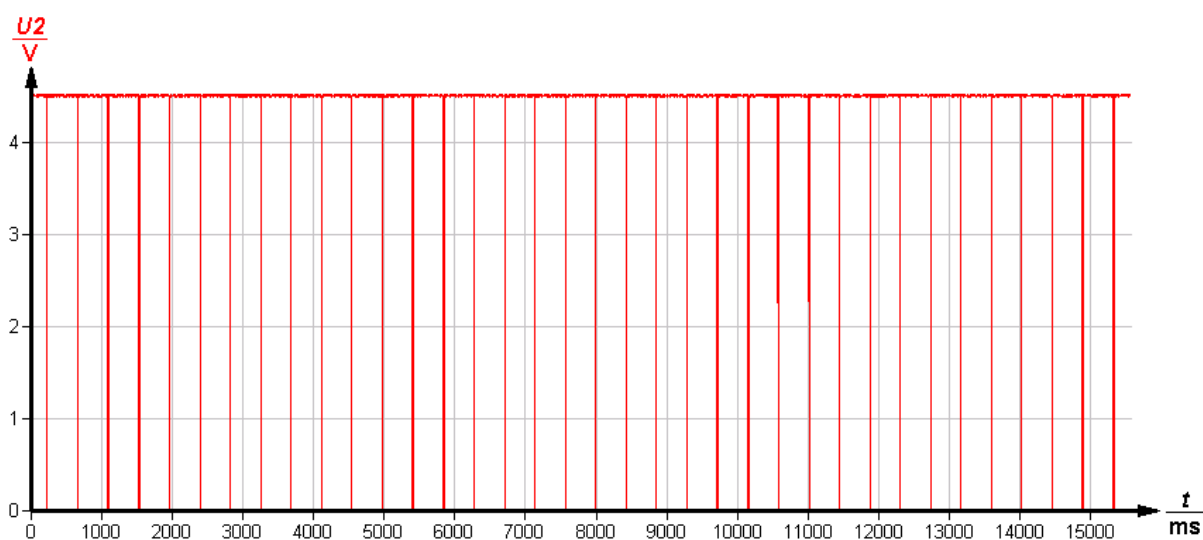
Graf 2. Průběh periody v závislosti na délce kyvadla a přesnost změřených hodnot



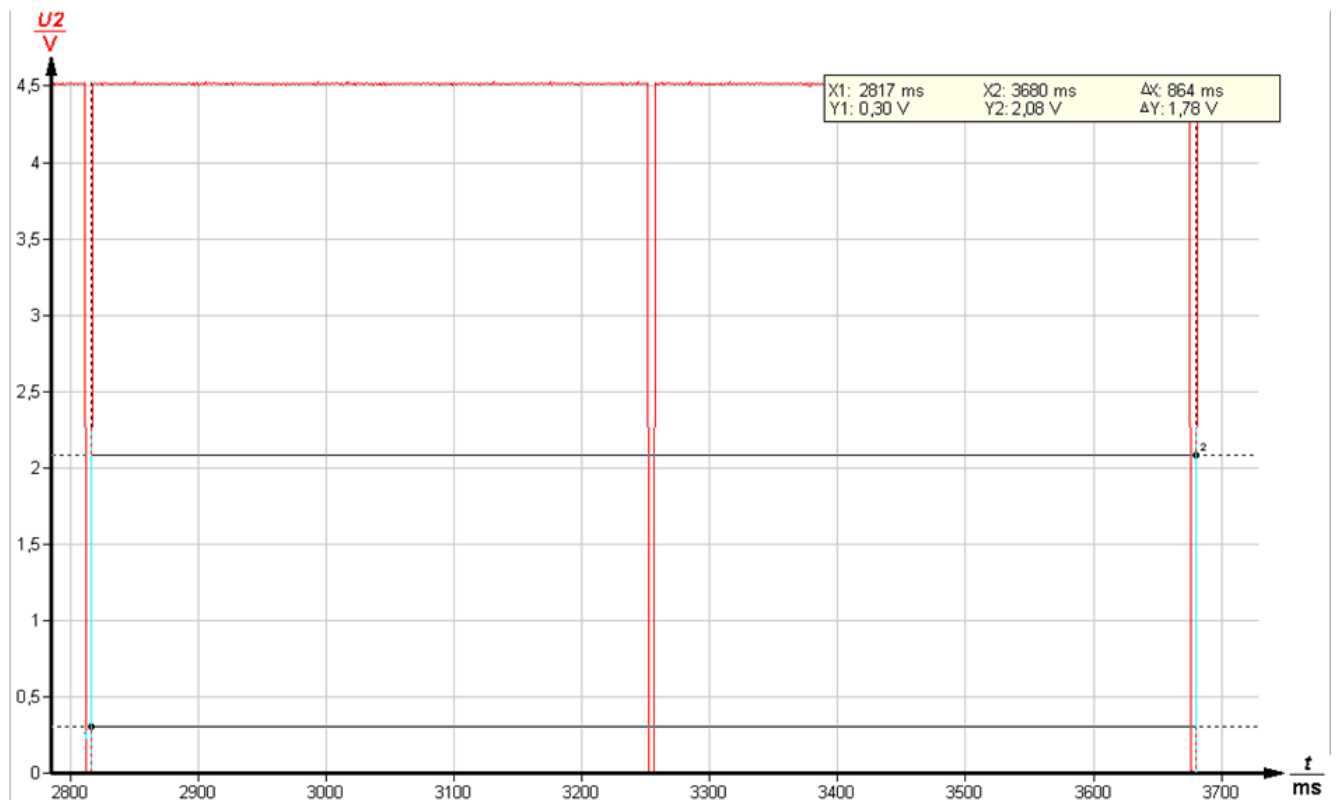
Graf 3. Závislost periody na hmotnosti závaží



Graf 4. Závislost periody na počátečním úhlu rozkyvu



Graf 5. Průběh měření matematického kyvadla při délce 19 cm s maticí bez závaží



Graf 6. Kyvadlo o délce 19 cm v detailu

Závěr

Na grafu 2 je vidět, že teoretické hodnoty se od prakticky změřených velmi neliší a perioda s délkou vlákna narůstá mocninnou funkcí, téměř lineárně. Dále z tabulky 10 a grafu 3 je vidět, že hmotnost hmotného bodu nemá zásadní vliv na periodu T . Taktéž z tabulky 11. a grafu 4 je vidět, že úhel rozkyvu nemá zásadní vliv na periodu T . Nárůst periody v závislosti na hmotnosti tělesa, nebo úhlu rozkyvu může být způsoben tím, že se nejedná o ideální stav, kterého nelze dosáhnout za běžných podmínek. Tíhové zrychlení vyšlo $9,766 \text{ m/s}^2$, v našich zeměpisných šířkách je toto tíhové zrychlení přibližně $9,81$, přesnějšího výsledku lze dosáhnout mnohem vyšším počtem měření. V tomto měření se z velkého množství naměřených hodnot vybrali pouze některé, protože často dochází k chybě měření. Většinou dochází ke špatnému měření vlivem špatného rozkyvu, kdy se může hmotný bod vychýlit ze své trajektorie, tím se zásadně mění naměřené hodnoty. Graf 5 Ukazuje zápis měření do grafu pomocí zařízení Cobra3 a graf 6 ukazuje způsob zjištění přesné hodnoty periody T z grafu 5 Pomocí softwaru Cobra3.

3.2. Molekulová fyzika

3.2.1. Tepelná kapacita kalorimetru

Úkol

Změřte tepelnou kapacitu kalorimetru pomocí zařízení Cobra3.

Teorie [7],[8]

Tepelná kapacita je fyzikální veličina, která vyjadřuje množství tepla, kterým se těleso ohřeje o 1 kelvin. Tepelná kapacita je určena jako podíl dodaného (nebo odebraného) tepla a teplotní změny, tzn.

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \quad (19),$$

kde Q je teplo, které bylo tělesu dodáno (nebo odebráno) a ΔT je rozdíl teplot mezi počátečním a konečným stavem, kdy bylo teplo dodáváno (odebíráno).

Uvedený vztah bývá také zapisován jako

$$C = \frac{dQ}{dT} \quad (20)$$

Měrná tepelná kapacita je tepelná kapacita jednoho kilogramu látky. Tepelnou kapacitu tělesa o hmotnosti m lze tedy vyjádřit ve tvaru

$$C = mc \quad (21),$$

kde m je hmotnost tělesa, c je měrná tepelná kapacita.

Měrná tepelná kapacita je mírně teplotně závislá, proto je nutné u přesnějších hodnot uvádět, k jaké teplotě látky se vztahuje. Značkou je c , základní jednotkou SI je Joule na kilogram a kelvin, zkratka $\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$, nebo také Joule na kilogram a stupeň Celsia, $\text{J}/(\text{kg } ^\circ\text{C})$.

Teplo potřebné k ohřátí tělesa o hmotnosti m o teplotu ΔT lze vypočítat pomocí vztahu. $Q = mc\Delta T()$, kde $\Delta T = T_2 - T_1$, T_1 je počáteční a T_2 je konečná teplota tělesa, c je měrná tepelná kapacita látky daného tělesa. Hodnota měrné tepelné kapacity je závislá na teplotě. Pro větší teplotní intervaly se zavádí střední měrná tepelná kapacita \bar{c} . K určování hodnot měrného tepla se využívá kalorimetrická rovnice

$$c_2 \cdot (t_2 - t) \cdot m_2 = (c_1 \cdot m_1 + K) \cdot (t - t_1) \quad (22)$$

Z kalorimetrické rovnice dostaneme vztah pro tepelnou kapacitu kalorimetru

$$K = \frac{[m_2 \cdot (t_2 - t) - m_1(t - t_1)] \cdot c}{t - t_1} \quad (23)$$

K měření měrné tepelné kapacity slouží kalorimetry. Kalorimetr je zařízení umožňující pokusně provádět tepelnou výměnu mezi tělesy a měřit potřebné tepelné veličiny (Teplota a teplota).

Pomůcky

Základní jednotka Cobra3

Datový kabel

Cobra3 Temperature

Polovodičové teplotní čidlo

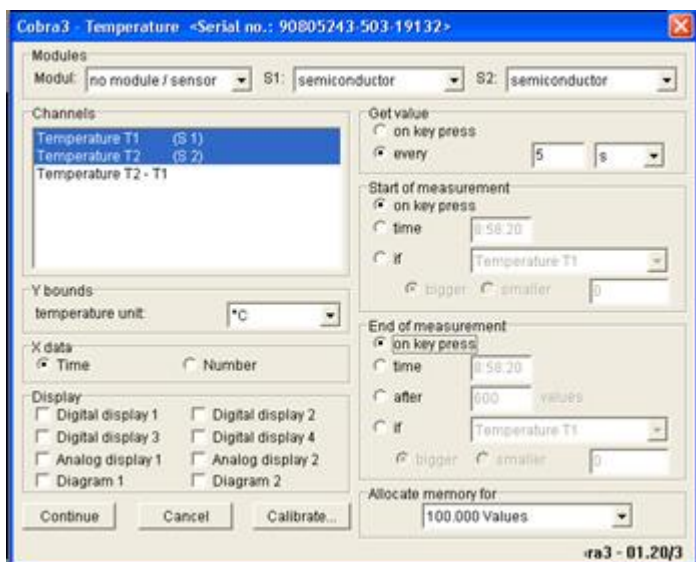
Varná konvice

Kalorimetr

Digitální váha

Postup měření

K tomuto měření je třeba zapojit dvě teplotní čidla k základní jednotce cobra3. K měření se použije software Cobra3 – Temperature. Nastavení pomocí tohoto softwaru je následující, na S1 i S2 se nadefinuje semiconductor, protože teplotní čidla jsou polovodičová. Četnost zaznamenávání údajů po 5 s, začátek měření na stisknutí tlačítka. Dále se nastaví na osu x čas, jednotky měřených teplot v °C, začátek a konec měření na stisk tlačítka. Nastavení je vidět na obrázku č.12. Tepelnou kapacitu je třeba spočítat „ručně“ v tabulkovém procesoru, protože Cobra3 vyhodnotí pouze samotné údaje jako je teplota a čas. Samotné měření probíhá tak, že se do kalorimetru nalije voda za určité teploty T_1 (pokojové) a hmotnosti m_1 , kterou je třeba si zapsat pro pozdější výpočet. Voda se zváží pomocí digitální váhy, tak že se zváží nádoba, do které se nalije voda, poté se zváží tato nádoba i s přilítou vodou a nakonec se tyto dvě hmotnosti od sebe odečtou a to je výsledná hmotnost vody m_1 , která se nalije do kalorimetru. Kalorimetr se uzavře a zazátkuje, do otvoru kalorimetru se vloží první teplotní čidlo. V tomto okamžiku začne měření, čidlo se nechá na pár minut ustálit, tím se změří teplota vody v kalorimetru. Během této doby se ohřeje voda ve varné konvici, která se nejprve zváží stejným postupem jako voda, která už je v kalorimetru. Vroucí voda za teploty T_P a objemu m_2 se přilije do kalorimetru. Právě k přilítí je potřeba druhého čidla, které je třeba vložit do varné konvice tak, aby čidlo měřilo přímo přilévanou vodu do kalorimetru. Tím se zpřesní měření, protože pro přesné měření nelze uvažovat s teplotou v bodě varu vlivem ochlazování. Po přilítí vody se opět kalorimetr uzavře a nechá se ustálit, postačí asi dvě minuty, tím je změřena teplota T_2 . Cobra3 vytiskne na obrazovku dva grafy a s nimi tabulky. K vyhodnocení je důležitá hlavně tabulka a graf z prvního čidla, které bylo v kalorimetru. Druhý a graf a tabulka je potřeba pouze ke zjištění teploty přilévané vody z varné konvice a z toho se potom spočítá měrná tepelná kapacita kalorimetru „ručně“ v tabulkovém procesoru. Pro výpočet použijeme vzorec (23).



Obr.12 . Nastavení měření



Obr.13 . Kalorimetr

Přehled výsledků

t [s]	T _P [°C]	T [°C]
0	25,25	24,28
5	24,95	24,43
10	25,05	24,49
15	24,95	24,59
20	25,15	24,59
25	25,05	24,59
30	25,15	24,62
35	25,05	24,65
40	25,05	24,65
45	24,95	24,74
50	25,15	24,74
55	25,15	24,74
60	25,25	24,74
65	25,25	24,74
70	25,25	24,71
75	25,35	24,74
80	25,35	24,74
85	25,05	24,71
90	25,25	24,71
95	25,35	24,74
100	25,35	24,71
105	25,35	24,74
110	25,35	24,74
115	25,25	24,74
120	25,35	24,68
125	25,35	24,68
130	25,45	24,71
135	25,35	24,74
140	25,45	24,71
145	25,45	24,74
150	25,35	24,74
155	25,35	24,74
160	25,45	24,71
165	25,35	24,71
170	25,45	24,74
175	25,45	24,71

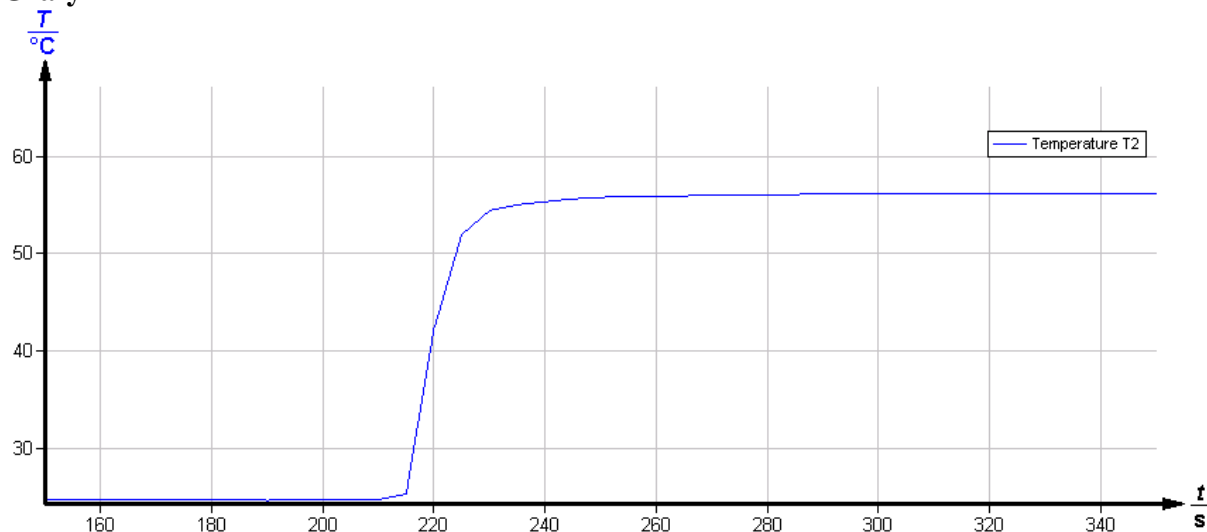
t [s]	T _P [°C]	T [°C]
185	25,45	24,74
190	25,45	24,65
195	25,45	24,71
200	38,72	24,74
205	74,75	24,71
210	86,33	24,74
215	90,42	25,31
220	92,32	42,2
225	91,82	51,98
230	89,92	54,45
235	87,72	55,05
240	85,83	55,35
245	83,83	55,66
250	81,94	55,81
255	80,34	55,96
260	78,84	55,96
265	77,74	55,96
270	75,85	56,05
275	74,35	56,11
280	73,25	56,11
285	71,86	56,11
290	70,36	56,17
295	69,66	56,23
300	67,96	56,23
305	67,37	56,23
310	65,87	56,26
315	65,27	56,26
320	63,97	56,26
325	63,27	56,26
330	62,18	56,23
335	61,68	56,2
340	60,38	56,23
345	59,48	56,23
350	58,88	56,23
	v	0,14

Tab. 13 Průběh změny teploty v kalorimetru T a teploty přiléváné vody T_P

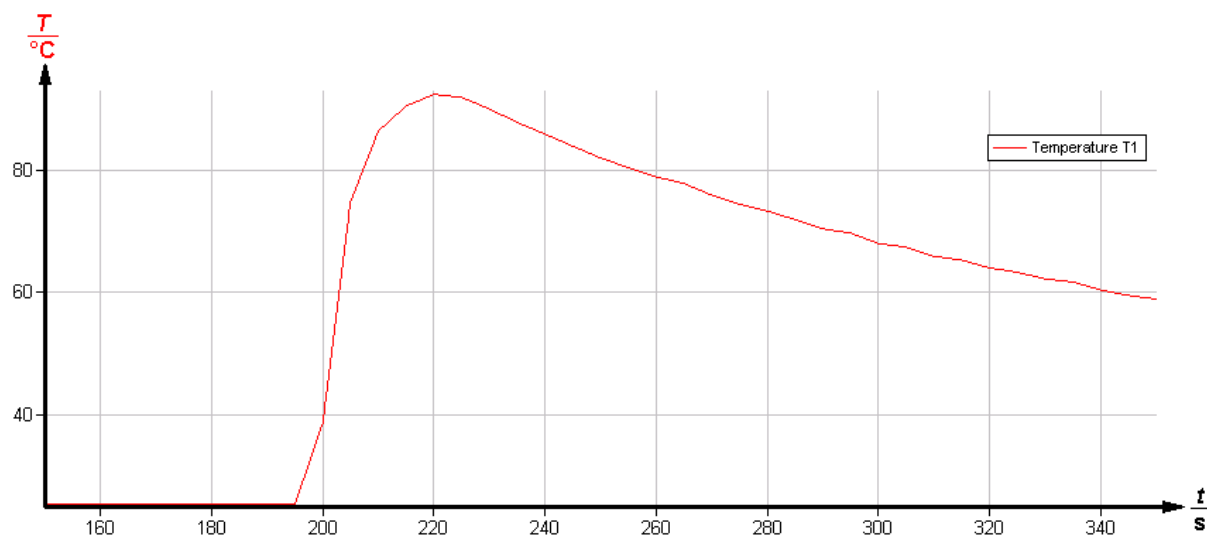
m ₁ [g]	m ₂ [g]	T ₁ [°]	T ₂ [°]	T _P [°]	K [J.kg ⁻¹ .K ⁻¹]
229,6	240,2	24,72	56,19	92,12	79,79

Tab. 14 Tepelná kapacita kalorimetru

Grafy



Graf 7. Průběh změny teploty vody v kalorimetru



Graf 8. Měření teploty samotného přilévání vody

Závěr

Podle výrobce má být tepelná kapacita kalorimetru $80 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$, z toho plyne, že toto měření je velice přesné vzhledem k výsledku $79,79 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$. Toto měření na zařízení Cobra3 má výhodu oproti klasickému laboratornímu měření vtom, že čidlo měří s přesností na setiny, to není možné v běžných laboratorních podmínkách se rtuťovým teploměrem dosáhnout. Dále nelze v běžných podmínkách se rtuťovým teploměrem zaznamenat takové množství hodnot a vytvořit přehlednou tabulku a graf.

3.2.2. Měrné skupenské teplo tání ledu

Úkol

Změřte měrné skupenské teplo tání ledu pomocí zařízení Cobra3. K výpočtu použijte tepelnou kapacitu kalorimetru z předchozí úlohy.

Teorie [9],[10]

Skupenské teplo tání je (celkové) teplo, které přijme pevná látka při přechodu na kapalinu během tání. Teplo, které přijme 1 kilogram látky se nazývá měrné skupenské teplo tání. Hodnotu skupenského tepla tání lze určit ze vztahu

$$L_t = l_t \cdot m \quad (24),$$

kde m je hmotnost a l_t je měrné skupenské teplo tání.

Počítáme ze vztahu $l_t = \frac{1}{m_2} \cdot (m_1 c + K) \cdot (t_1 - t) - c \cdot (t - t_2) \quad (25)$

Příklady hodnot

Látka	l_t [kJ/kg]
led	334
železo	289
hliník	399
zlato	64
rtuť	11,8
etanol	108

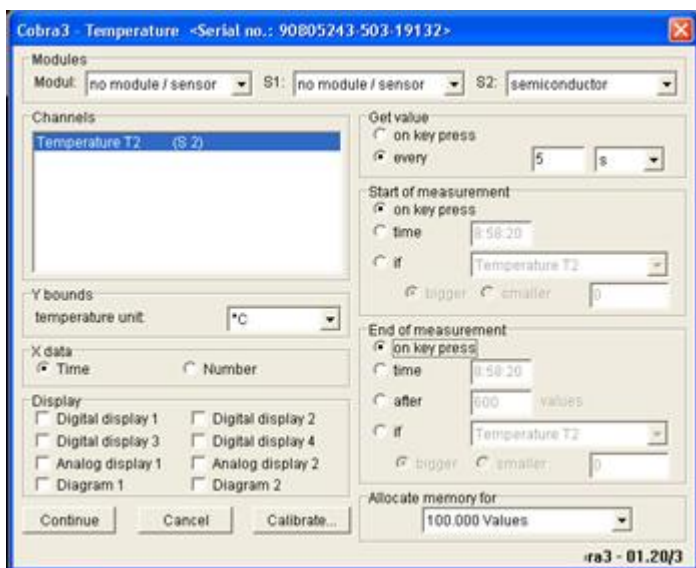
Tab. 15

Pomůcky

Základní jednotka Cobra3
Datový kabel
Cobra3 Temperature
Polovodičové teplotní čidlo
Varná konvice
Kalorimetr
Digitální váha
Led

Postup měření

K tomuto měření je třeba zapojit jedno teplotní čidlo. Dále je zapotřebí software Cobra3 – Temperature. V Temperature se nastaví pouze na S2 semiconductor, opět se jedná o polovodičové čidlo, jednotky teploty °C, čas měření se nastaví po 5 s. Dále se nastaví na osu x čas. Začátek měření i konec měření se nastaví na stisk tlačítka. Nastavení je vidět na obrázku 14. Samotné měření probíhá tak, že se do kalorimetru nalije teplá (ne vroucí) voda za teploty T_1 a hmotnosti m_1 . Voda se zváží pomocí digitální váhy, tak že se zváží nádoba, do které se nalije voda, poté se zváží tato nádoba i s přilitou vodou a nakonec se tyto dvě hmotnosti od sebe odečtou a to je výsledná hmotnost vody m_1 , která se nalije do varné konvice ohřát. Ohřátá voda se nalije do kalorimetru a ponechá se ustálit asi 2-3 minuty, tím je změřena teplota T_1 . Tato voda má dostatečně vysokou teplotu, ovšem z daleka ne varu. Po ustálení se rozdrtí jedna nebo dvě kostky ledu a ledová drť o hmotnosti m_2 se vhodí do kalorimetru a teplota se opět nechá 3 minuty ustálit na teplotu T_2 . Protože Cobra3 zaznamenává pouze čas a teplotu je třeba měrnou tepelnou kapacitu vypočítat „ručně“ v tabulkovém procesoru podle vzorce (25).



Obr. 14 Nastavení měření

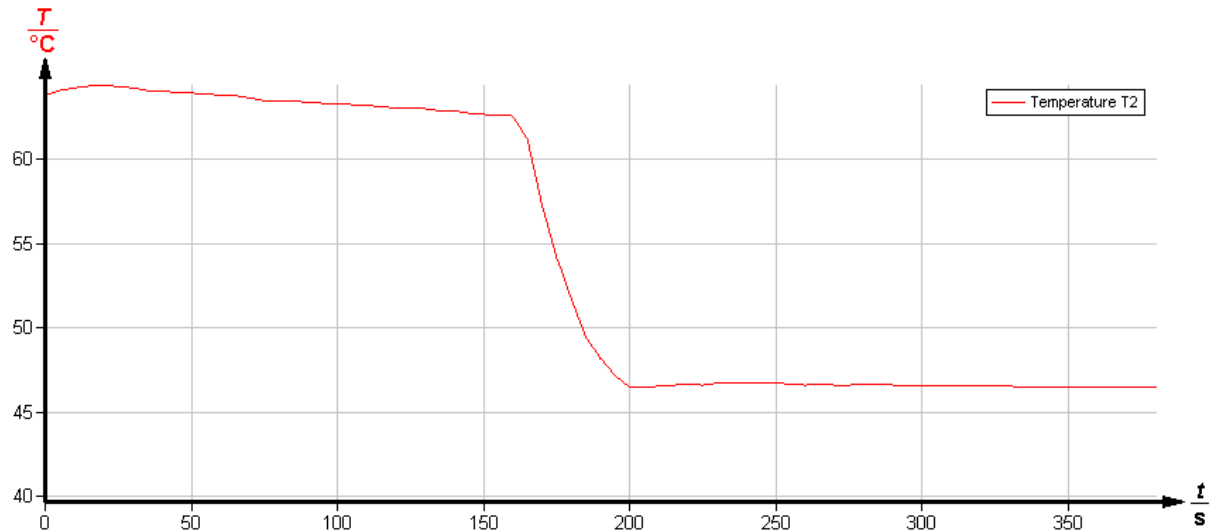
Přehled výsledků

t [s]	T [°C]	t [s]	T [°C]
0	63,83	195	47,18
5	64,10	200	46,46
10	64,25	205	46,46
15	64,37	210	46,55
20	64,40	215	46,61
25	64,34	220	46,64
30	64,25	225	46,61
35	64,10	230	46,73
40	64,10	235	46,76
45	63,95	240	46,73
50	63,95	245	46,76
55	63,89	250	46,73
60	63,83	255	46,67
65	63,80	260	46,61
70	63,65	265	46,67
75	63,50	270	46,61
80	63,50	275	46,61
85	63,50	280	46,64
90	63,38	285	46,67
95	63,35	290	46,61
100	63,35	295	46,61
105	63,26	300	46,61
110	63,20	305	46,61
115	63,17	310	46,61
120	63,05	315	46,58
125	63,05	320	46,61
130	63,02	325	46,58
135	62,90	330	46,55
140	62,90	335	46,46
145	62,75	340	46,49
150	62,68	345	46,49
155	62,62	350	46,46
160	62,59	355	46,46
165	61,21	360	46,46
170	57,29	365	46,46
175	54,21	370	46,46
180	51,73	375	46,46
185	49,47	380	46,46
190	48,21	385	46,46
		v	0,07

Tab. 16 Průběh teploty vody v kalorimetru

m_1 [g]	m_2 [g]	T_1 [°]	T_2 [°]	I_t [kJ*kg ⁻¹]
62,64	46,48	62,64	46,48	365,88

Graf



Graf 9 Průběh teploty v kalorimetru

Závěr

Měrné skupenské teplo tání vody je ve skutečnosti 334 kJ.kg^{-1} . Na výsledku $365,88 \text{ kJ.kg}^{-1}$ je vidět, že u tohoto měření dochází k nepřesnostem, které mohou způsobeny ztrátami při drcení ledu, protože kostky ledu jsou váženy ve stavu před drcením a neustále i při drcení dochází k tání ledu. Lepšího výsledku by se dosáhlo při vážení ledu přímo v kalorimetru a následném odečtení hodnoty kalorimetru po vhození ledu a před vhozením ledu, namísto vážení ledu zvlášť.

3.3. Zvuk

3.3.1. Fourierova analýza tónů

Úkol

Změřte pomocí zařízení Cobra3 různé tóny a zjistěte jejich frekvenci pomocí fourierovi analýzy.

Teorie

Zvuk je vlnění vzduchu, případně jiného prostředí vyvolané zdrojem zvuku, například píšťalou. Zvuk se ve vzduchu šíří od zdroje všemi směry rychlostí 340 m/s. Lidské ucho vnímá jen zvuky s frekvencí 16 Hz – 20 000 Hz. Tón, který ucho slyší je tím vyšší, čím je vyšší jeho frekvence. Infrazvuk je zvuk s frekvencí 16 Hz. Ultrazvuk je zvuk s frekvencí vyšší než 20 000 Hz. [11]

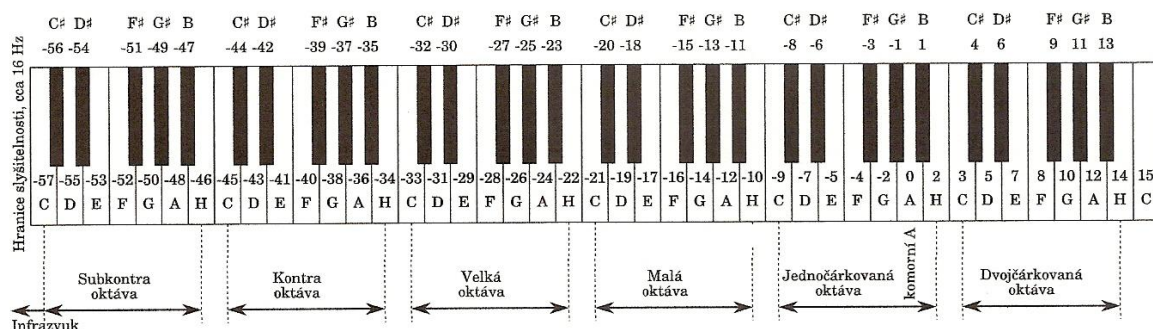
Fourierova analýza (podle fyzika matematika J.B.J.Fouriera 1768-1830) je matematický proces, kterým lze komplexní kmitání rozložit do velkého množství jednotlivých sinusových kmitů a určit tak jednotlivé složky komplexního tónu nebo jakéhokoliv zvuku. Tento postup umožňuje popsat komplexní kmitání pomocí spektra (řady frekvenčních složek) a dále ho analyzovat, využít a zpracovávat v podobě jednotlivých složek signálu. [12]

Vyšší harmonický tón, částkový tón je tón, který zní společně s tónem základním. U většiny tónů se vyskytují vyšší harmonické. Díky vyšším harmonickým jsme schopni poslechem rozpoznat odlišnost hudebních nástrojů. Nástroje s ostřejším zvukem (trubka, pozoun) mají silnější liché vyšší harmonické (první, třetí atd.), sudé vyšší harmonické dávají zvuku spíš teplo a měkkost. [13]

Existuje řada teorií pro matematický popis hudby, ale podle nejznámějšího pravidla musí být frekvence tónů v poměru malých celých čísel, tj. 1:2, 3:2, 4:3, 5:3 atd., tento systém se nazývá přirozené ladění. Přirozené ladění se ale v současné době téměř nepoužívá, protože mělo řadu nevýhod. Systém se skládá z velkého množství tónů, proto se v současné době již nepoužívá. Další nevýhodou tohoto ladění je to, že mezi tóny nejsou pravidelné intervaly. Proto jako náhrada za přirozené ladění vzniklo temperované ladění. Má jednodušší pravidla a odstraňuje nevýhody složitějšího přirozeného ladění. Základní myšlenka je, že tón s určitou frekvencí velmi dobře ladí s jiným tónem, jehož frekvence je dvojnásobná. Takový interval (jedna ku dvěma) se nazývá oktáva a je to nejjednodušší celočíselný poměr mezi dvěma frekvencemi. Platí tedy, že tón o oktávu výš má dvojnásobnou frekvenci, tón o dvě oktávy výš má čtyřnásobnou frekvenci, tón o tři oktávy výš má osminásobnou frekvenci a tak dále. Hudba složená pouze z takových tónů by byla velmi chudá a jednotvárná, a tak byl interval jedné oktávy rozdělen na dvanáct pravidelných intervalů – ale opět tak, aby poměry frekvencí sousedních tónů zůstaly stejné. Z toho vyplývá, že tento poměr musí být dvanáctá odmocnina ze dvou, tj. $\sqrt[12]{2} = 1,0594630$. Frekvence jednotlivých tónů lze spočítat ze vzorce

$$f_i = 440 \cdot 2^{i/12} \quad (26),$$

s tím že bylo stanoveno, že frekvence 440 Hz má komorní A. V tomto vztahu i znamená polohu vůči komornímu A. Pomocí tohoto vztahu lze vypočítat frekvenci kteréhokoli tónu a jeho pořadové číslo odpočítané od komorního A podle obrázku, kde jsou zobrazeny frekvence různých tónů o různých výškách. Na obrázku 15 nejsou zobrazeny všechny tóny, protože hranice slyšitelnosti je přibližně v oblasti sedmičárkované oktávy, kde je hranice slyšitelnosti a začíná ultrazvuk. [14]



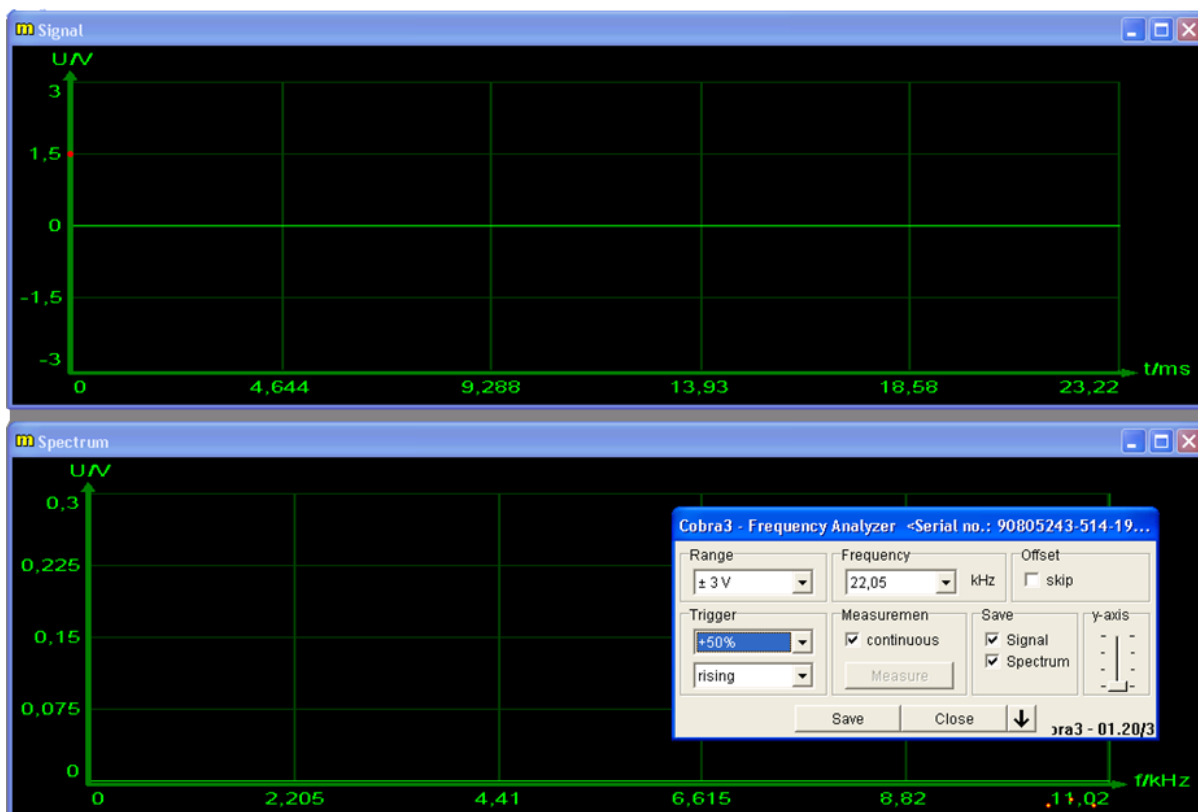
Obr. 15 Složení tónů na klavíru [14]

Pomůcky

- Cobra3 Základní jednotka
- RS232 datový kabel
- Cobra3 Software frekvence
- Mikrofon se zesilovačem
- Školní ladičky
- Zobcová flétna
- Pivní láhev
- Plastová láhev

Postup měření

K tomuto měření je zapotřebí pouze zapojit mikrofon a nastavit parametry v modulu Cobra3 Frekvence Analyzer. Parametry se nastaví podle obrázku 16. Tedy maximální frekvenci na 10 kHz, nebo 22,05 kHz, napěťový rozsah +/-3 V a trigger na parametry + 50% a rising. Mikrofon je zapotřebí nastavit zhruba na střední citlivost kolečkem. Poté se mikrofon přidrží u ladičky (do které se udeří kladívkem), nebo flétny (lahve) a měření se uloží pomocí tlačítka save. Mikrofon je třeba mít v blízkosti měřeného předmětu. U tohoto pokusu je třeba eliminovat vedlejší hluk, kvůli citlivosti mikrofonu. Cobra3 měří mikrofonem zvuk pomocí napětí, díky tomu zjistíme hloubku (výšku) a hlasitost zvuku, frekvenci přepočítá Cobra3 automaticky pomocí fourierovi analýzy přímo při měření. Měřit lze tóny školních ladiček (například A a C). Dále různé hudební nástroje, popřípadě předměty (například zobcovou flétnu, pivní a plastovou láhev, nebo i obyčejné pískání (například výdechem, nebo nádechem). Pomocí vzorce (26) lze vypočítat pro konkrétní tóny polohu na stupnici (obr. 15).



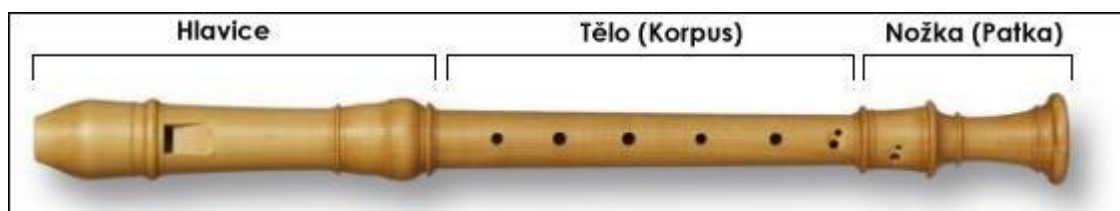
Obr.16 nastavení Cobra3 – Frezenzy Analyzer



Obr. 17 školní ladička v tónu A



Obr.18 školní ladička v tónu C



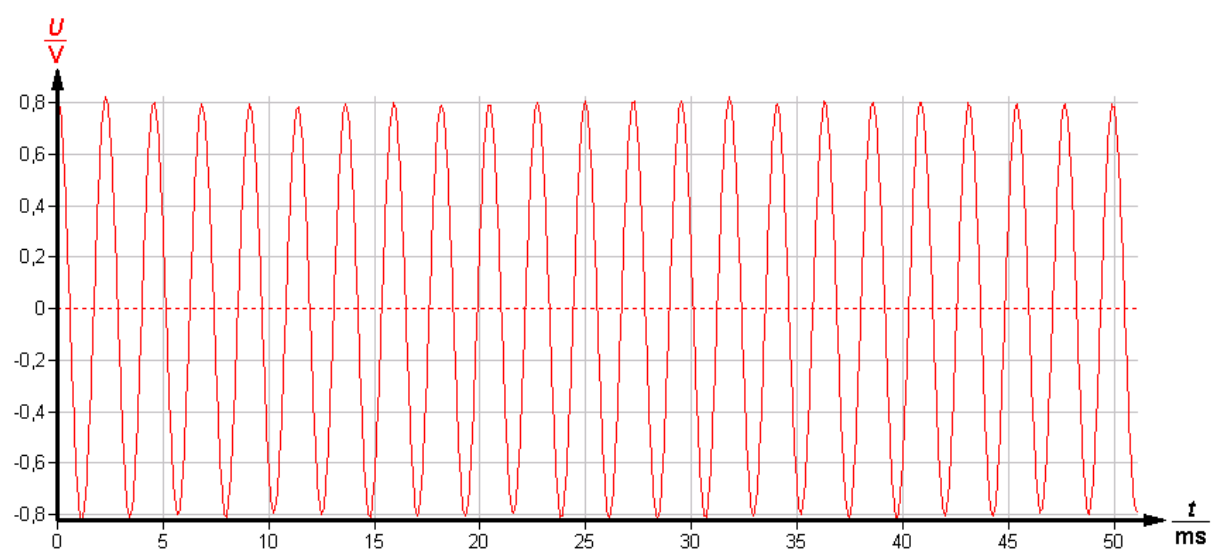
Obr. 19 zobcová flétna [15]

Tabulka

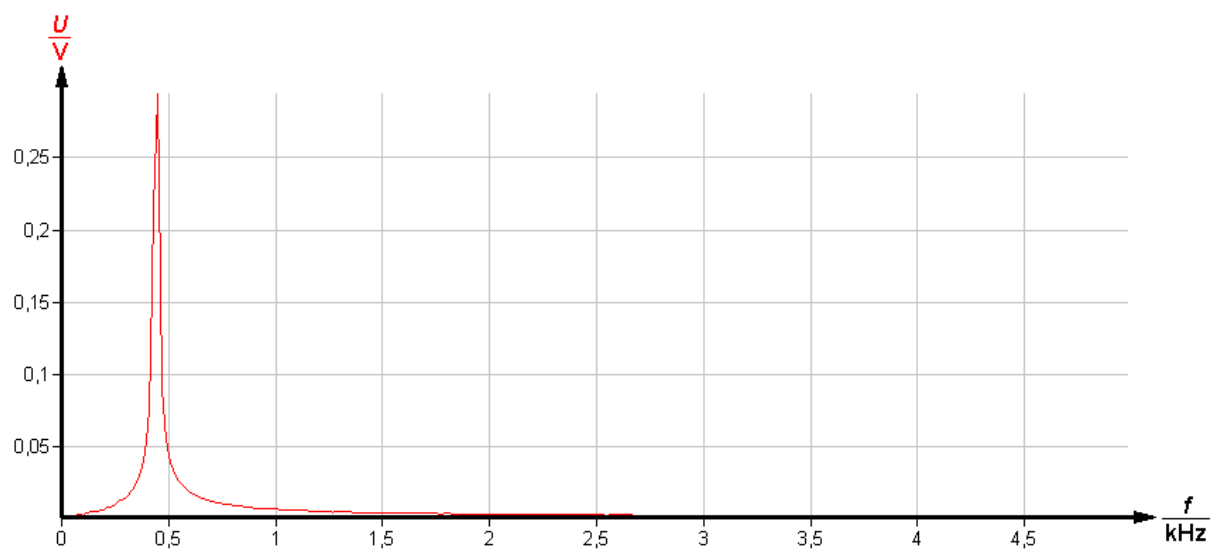
Nástroj (předmět)	f [Hz]	spočtená oktáva
ladička A	449	jednočárkované A
ladička C	234	jednočárkované C
flétna	898	dvojčárkované A
flétna	1055	trojčárkované C
pivní láhev (sklo)	156	D malá oktáva
plastová lahev	137	C malá oktáva
pískání nádechem	1211	D trojčárkovaná oktáva
pískání výdechem	547	C dvojčárkovaná oktáva

Tab. 17 Fekvence tónů a jejich analyzování podle temperovaného ladění

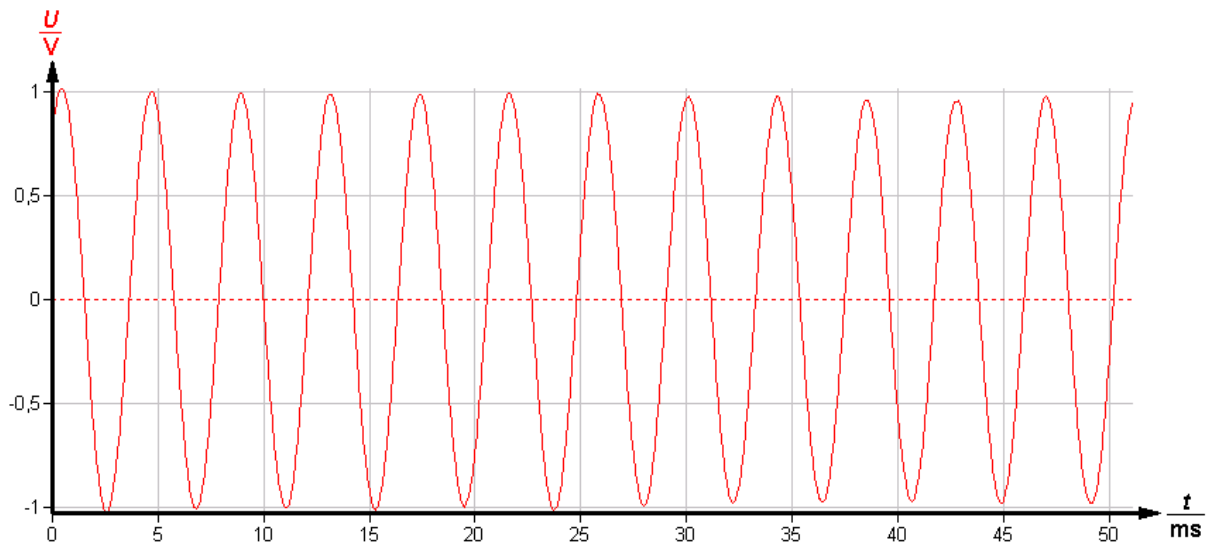
Grafy



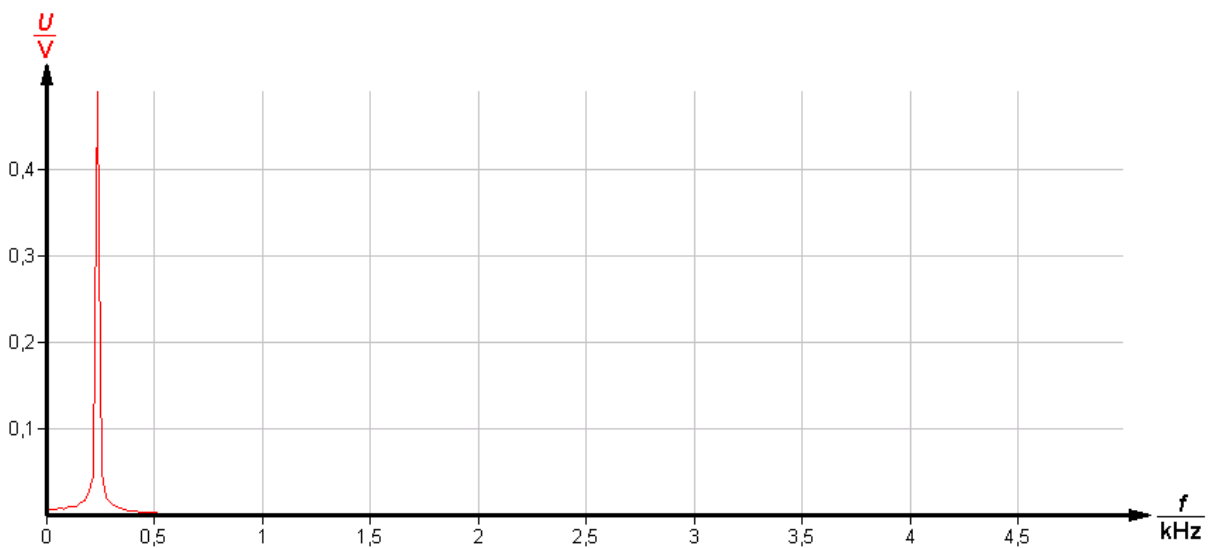
Graf 10 Závislost napětí na času školní ladičky A



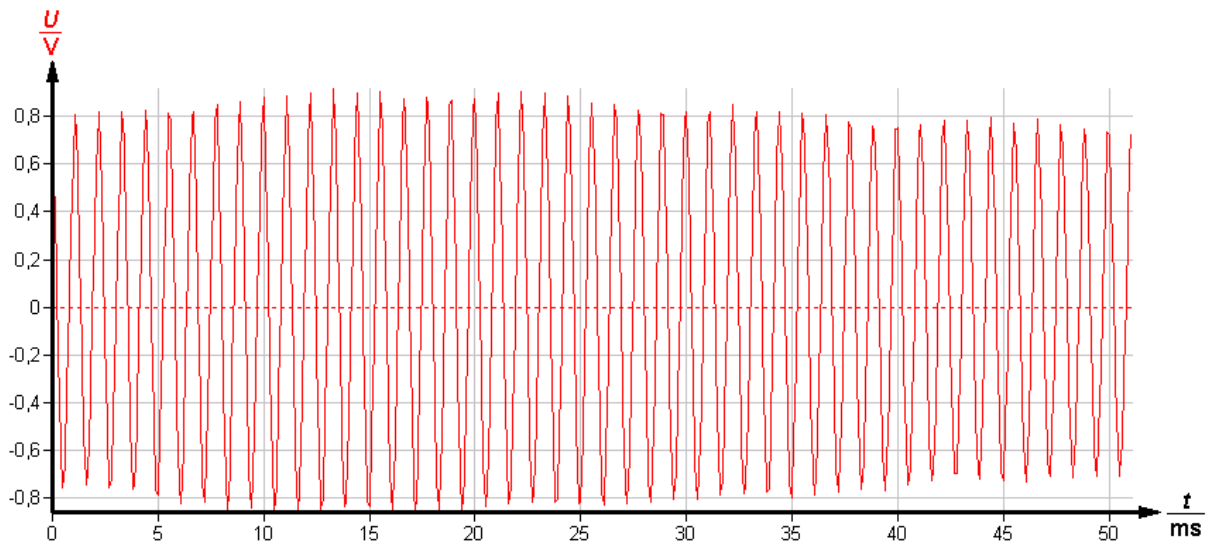
Graf 11 Fourierova frekvenční analýza školní ladičky A



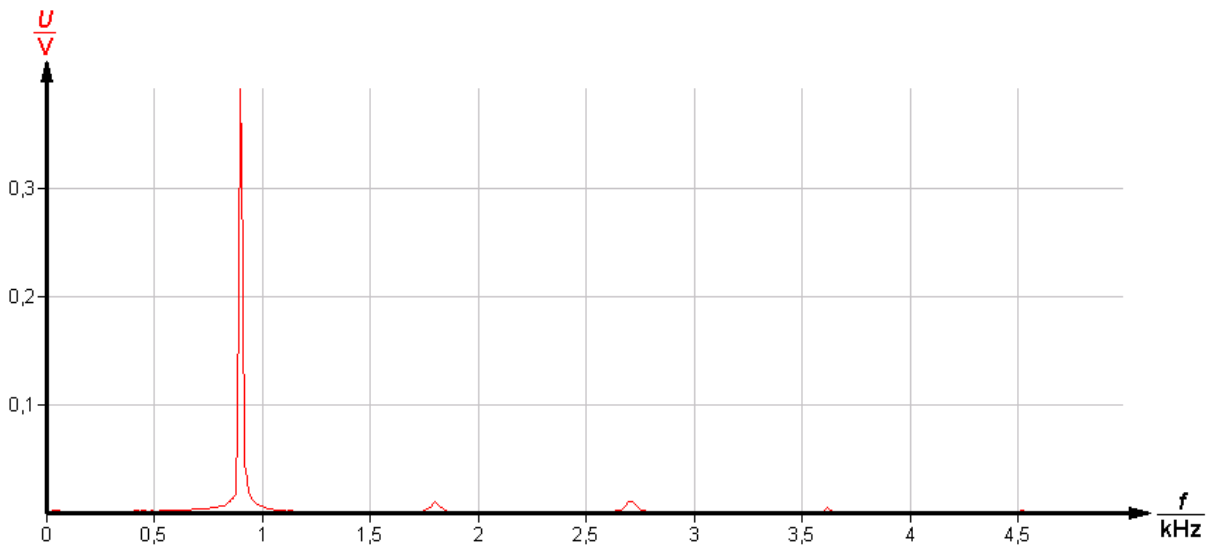
Graf 12 Závislost napětí na času školní ladičky C



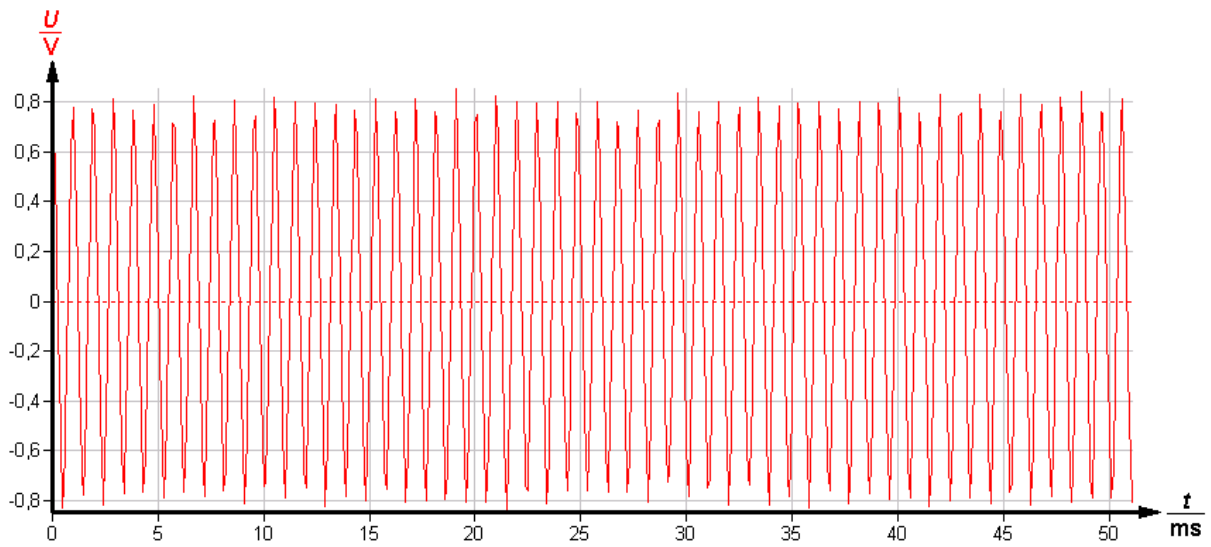
Graf 13 Fourierova frekvenční analýza školní ladičky C



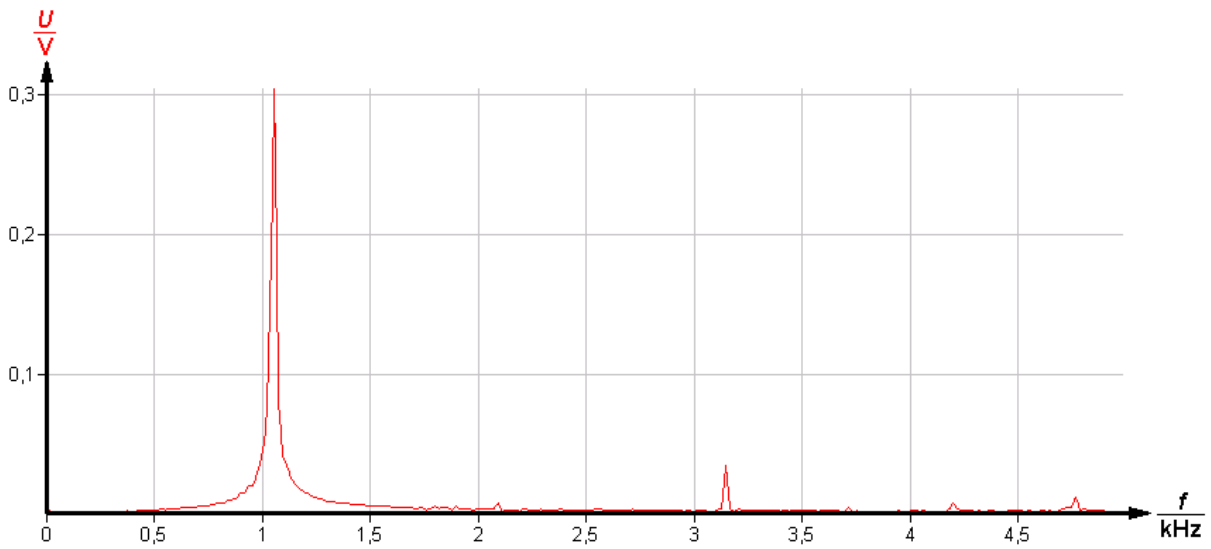
Graf 14 Závislost napětí na času u zobcové při tónu A



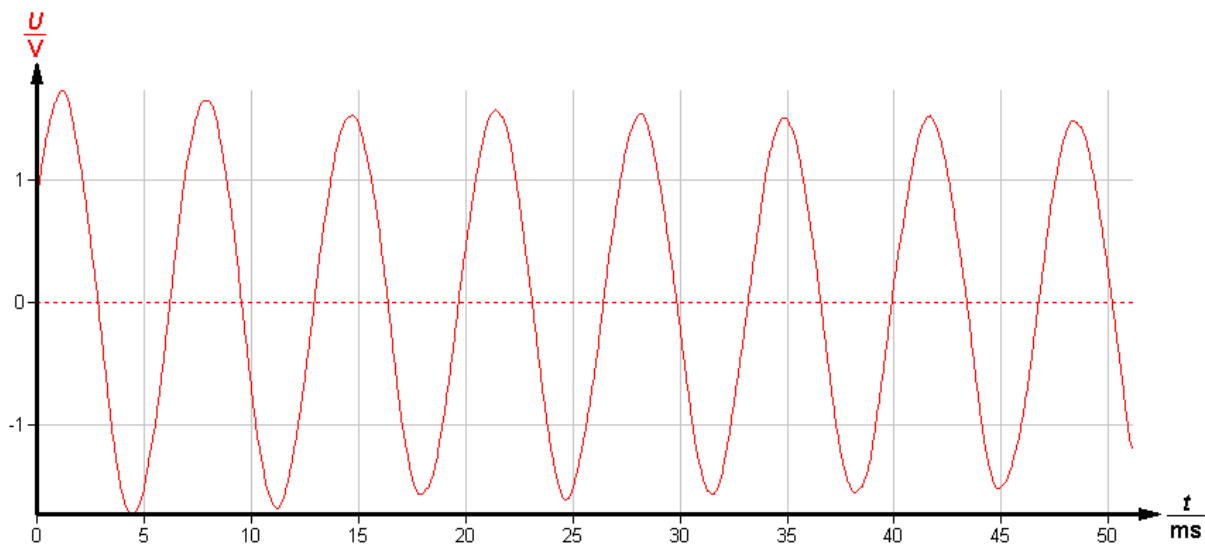
Graf 15 Fourierova frekvenční analýza zobcové flétna při tónu A



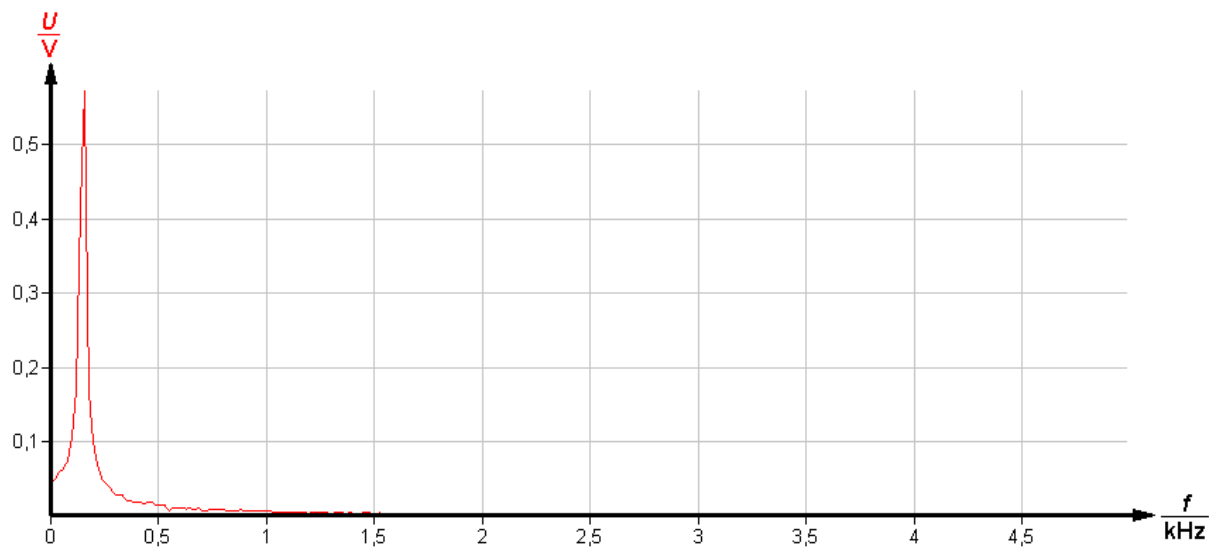
Graf 16 Závislost napětí na času u zobcové při tónu C



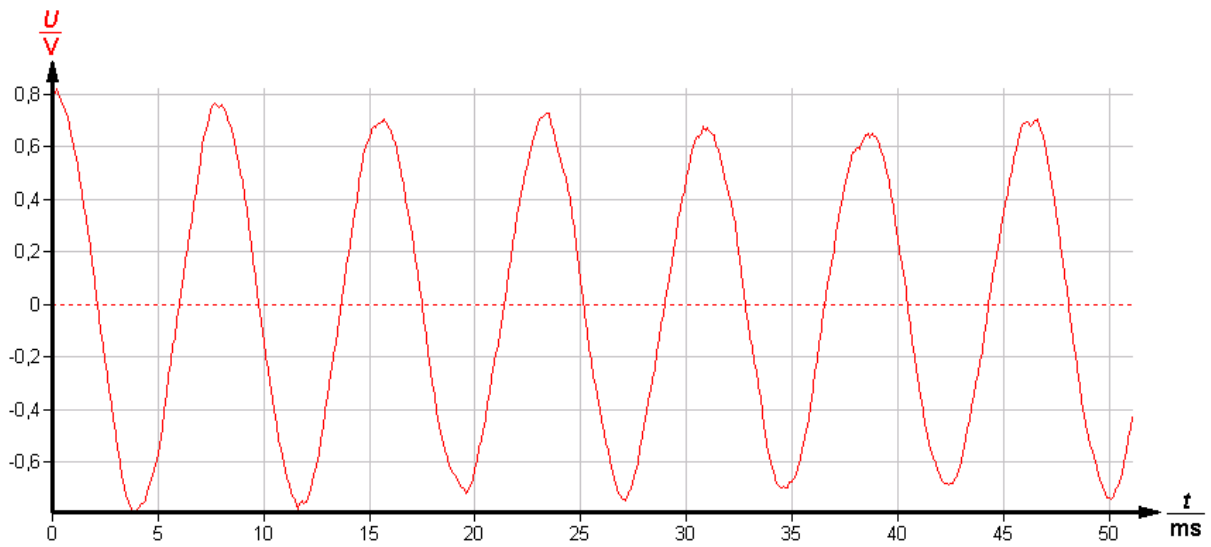
Graf 17 Fourierova frekvenční analýza zobcové flétna při tónu C



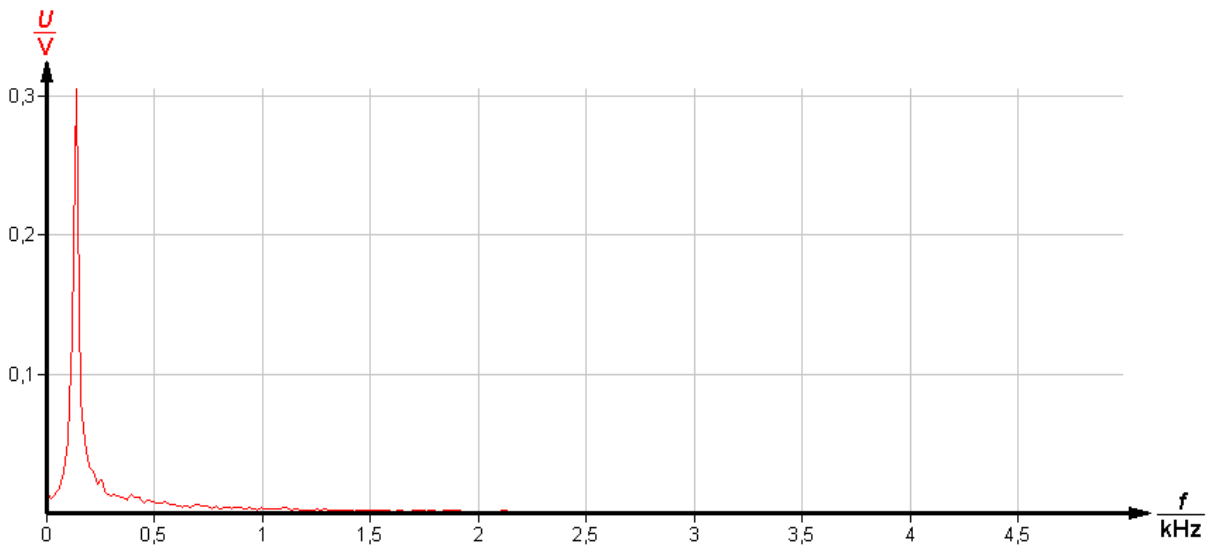
Graf 18 Závislost napětí na času u pivní lahve



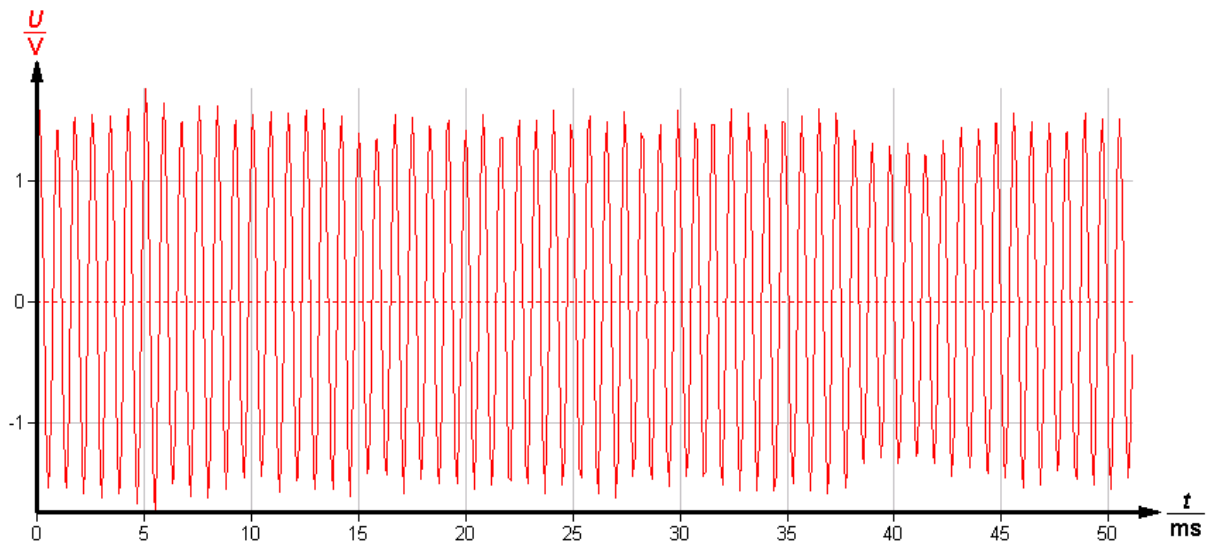
Graf 19 Fourierova frekvenční analýza pivní lahve



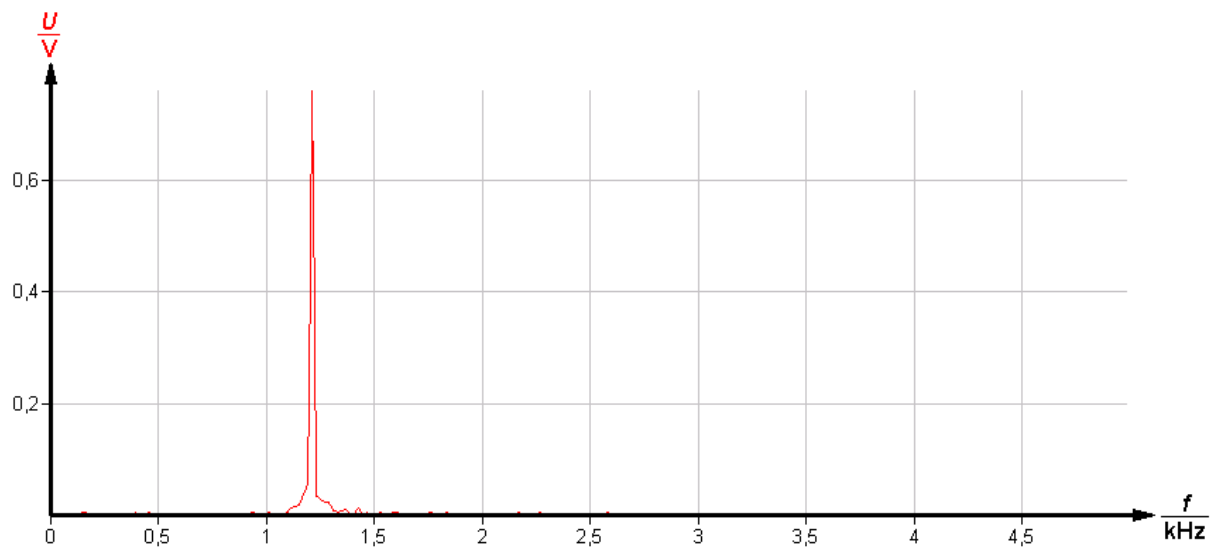
Graf 20 Závislost napětí na času u plastové lahve



Graf 21 Fourierova frekvenční analýza plastové lahve

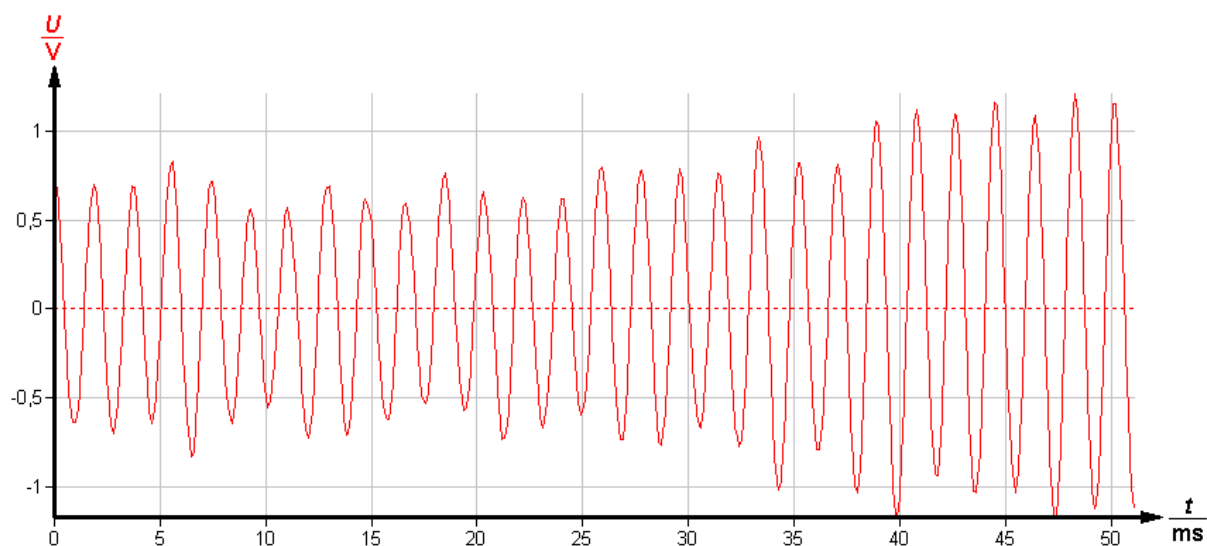


Graf 22 Závislost napětí na času u pískání nádechem

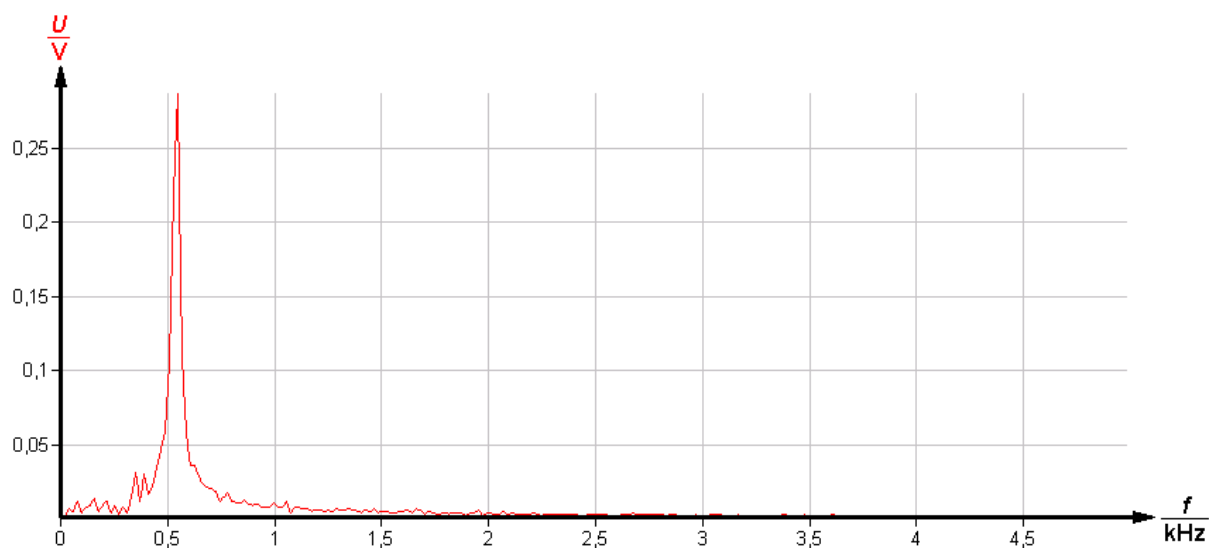


Graf 23 Fourierova frekvenční analýza pískání nádechem

pískání výdechem



Graf 24 Závislost napětí na času u pískání výdechem



Graf 25 Fourierova frekvenční analýza pískání výdechem

Závěr

Tímto měřením lze s dobrou přesností zjistit frekvenci (výšku) různých tónů u hudebních nástrojů a jiných zvuků. Dále měřením odpadá složitější analyzování tónů, protože zařízení provede fourierovu analýzu automaticky. Z naměřené frekvence lze přesně spočítat, do které oktávy tón patří u temperovaného ladění. Podle výsledků lze říci, že toto měření je velmi přesné a dalo by se využít i k ladění ladění hudebních nástrojů. Měření bylo provedeno pro každý tón vícekrát a vždy byla změřená frekvence stejná s minimální odchylkou. Z grafu a po přepočítání podle vzorce vidět, že školní ladička označená jako tón A má frekvenci 449 Hz odpovídající „áčku“ v jednočárkované oktávě, podle údaje na ladičce by frekvence měla být 440 Hz. Dále ladička označená jako C odpovídá „céčku“ v jednočárkované oktávě, byla změřena frekvence 234 Hz. Obě ladičky nevykazovali vyšší harmonické. U zobcové flétny A odpovídalo dvoučárkovanému A s frekvencí 898 Hz, C na flétně bylo zahráno v trojčárkované oktávě, tedy s frekvencí 1 055 Hz. Flétna vykazuje až čtvrté vyšší harmonické, to znamená sudé vyšší harmonické. Pískání na pivní láhev se odpovídá „déčku“ v malé oktávě za frekvence 156 Hz a plastová láhev s frekvencí 137 Hz odpovídá. Obě lahve jsou bez vyšších harmonických. Dále pískání nádechem s frekvencí 1 211 Hz odpovídá a pískání výdechem s 547 Hz odpovídá. Z grafů u pískání jsou těžko patrné vyšší harmonické.

3.3.2. Analýza řeči

Úkol

Změřte charakteristiky samohlásek ve fourierově spektru a zjistěte jejich hloubku (frekvenci).

Teorie

Zvuk je vlnění vzduchu, případně jiného prostředí vyvolané zdrojem zvuku, například píšťalou. Zvuk se ve vzduchu šíří od zdroje všemi směry rychlostí 340 m/s. Lidské ucho vnímá jen zvuky s frekvencí 16 Hz – 20 000 Hz. Tón, který ucho slyší je tím vyšší, čím je vyšší jeho frekvence. Infrazvuk je zvuk s frekvencí 16 Hz. Ultrazvuk je zvuk s frekvencí vyšší než 20 000 Hz.

Fourierova analýza (podle fyzika matematika J.B.J.Fouriera 1768-1830) je matematický proces, kterým lze komplexní kmitání rozložit do velkého množství jednotlivých sinusových kmitů a určit tak jednotlivé složky komplexního tónu nebo jakéhokoliv zvuku. Tento postup umožňuje popsat komplexní kmitání pomocí spektra (řady frekvenčních složek) a dále ho analyzovat, využít a zpracovávat v podobě jednotlivých složek signálu. [12]

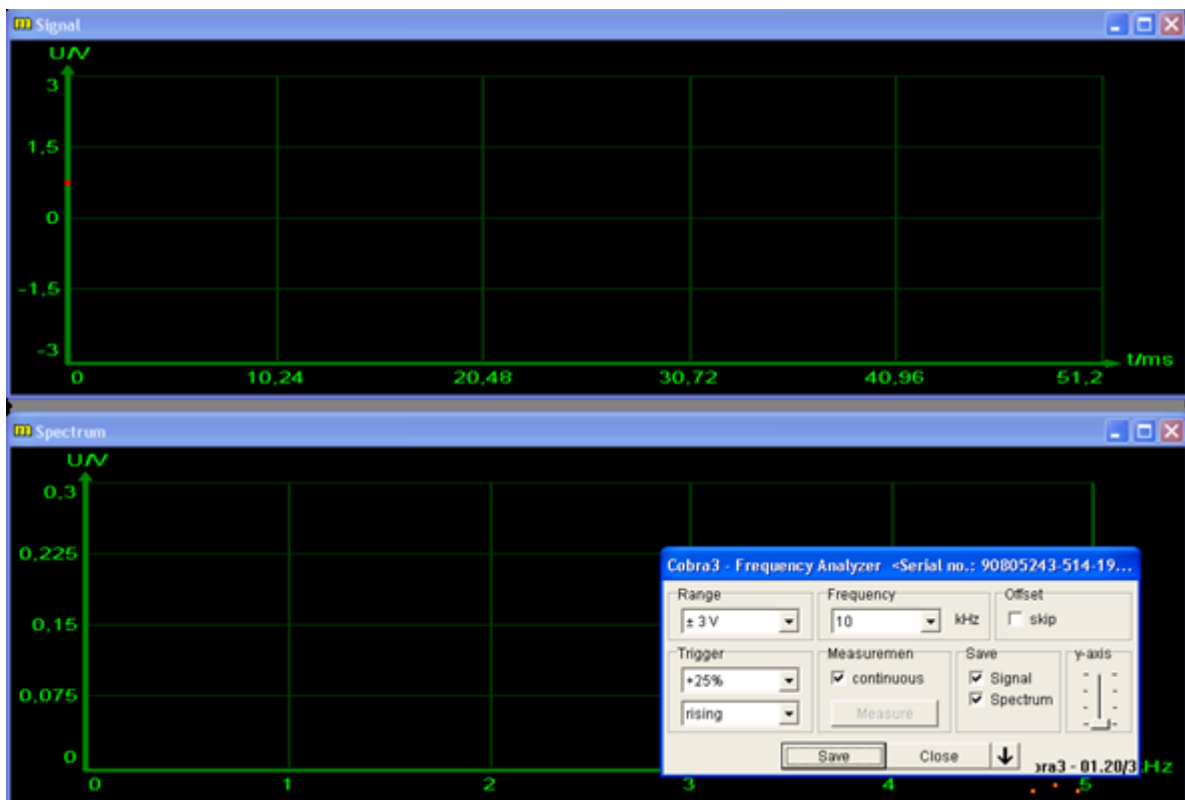
Řeč je schopnost vyjádřit artikulovanými zvuky obsah vědomí. Základem řeči jsou slova, která mají stránku smyslovou (u mluveného slova zvukovou, u psaného obrazovou) a obsahovou , tj. vyjadřují určitý význam, něco označují. [16]

Pomůcky

Cobra3 základní jednotka
Cobra3 Napájecí RS232 datový kabel
Cobra3 Software frekvence
Mikrofon se zesilovačem

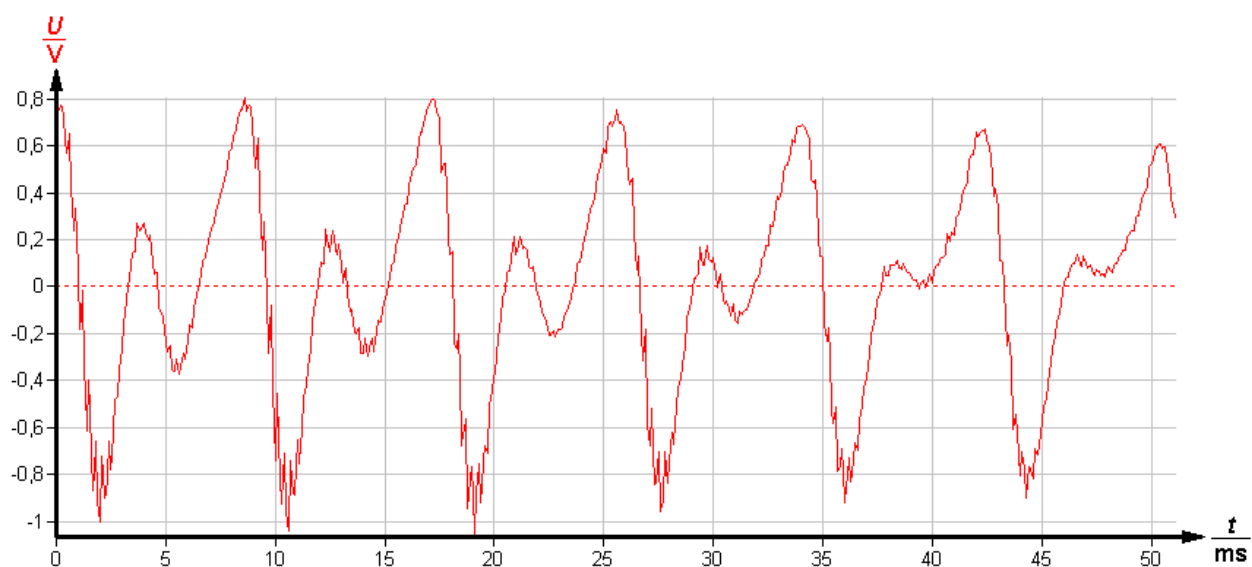
Postup měření

Zapojení bylo naprosto stejné jako u předchozího měření. Rozdíl byl v nastavení maximální frekvence na 10 kHz a triggeru na 25%. Nastavení je vidět na obrázku č.. U toho pokusu je opět zapotřebí eliminovat okolní hluk. Měří se samohlásky, například „i“ a „o“. Mikrofon by se neměl držet příliš blízko úst.



Obr. 20 Nastavení pomocí Cobra3 – Frekvency Analyzer

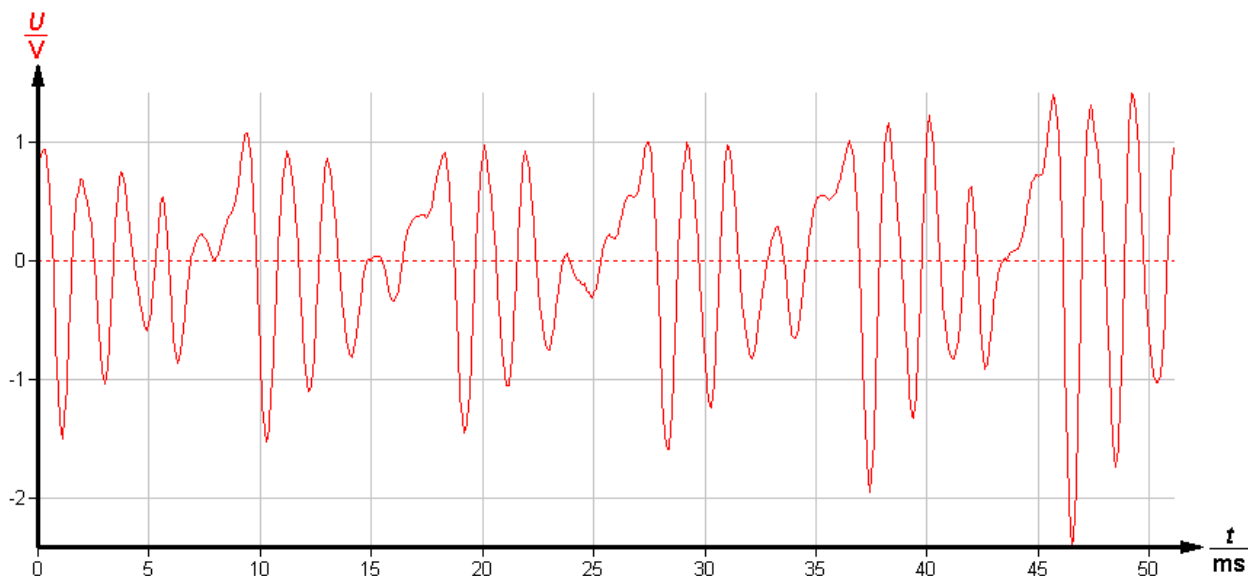
Grafy



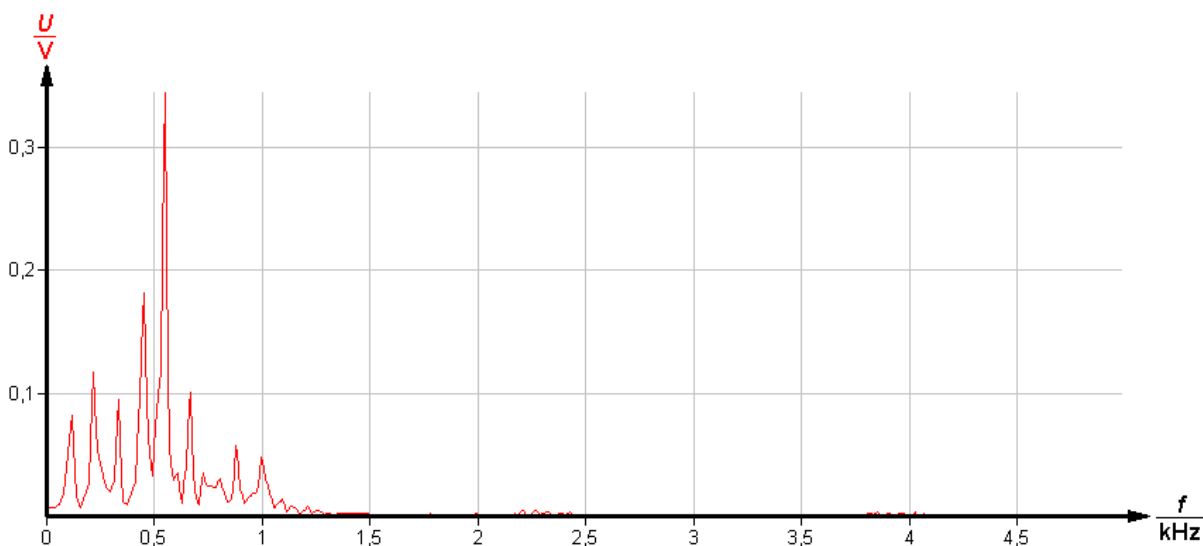
Graf 26 Závislost napětí na čase při vyslovení samohlásky „i“



Graf 27 Fourierova frekvenční analýza samohlásky „i“



Graf 28 Závislost napětí na čase při vyslovení samohlásky „o“



Graf 29 Fourierova frekvenční analýza samohlásky „o“

Závěr

Z grafů je vidět, že se podařilo změřit čisté „i“ a „o“. Vzhledem k tomu, že se měřil pouze mužský hlas tak obě samohlásky jsou hluboké. U tohoto měření by bylo vhodné měřit jak mužský tak ženský hlas, tím by bylo možné rozeznat výšku samohlásek, to nebylo možné rozeznat při měření pouze s mužským hlasem. Cobra3 automaticky provedla fourierovu analýzu. Analýzou většího množství lidí by bylo možné zjistit typickou frekvenci každé samohlásky, popřípadě písmena. V tomto případě nelze s jistotou určit typickou frekvenci jednotlivých samohlásek, vzhledem k měření pouze jedné osoby. Dále hloubka hlasu každého člověka se liší, ale určitou hlubší analýzou by bylo možné zjistit typické průběhy jednotlivých samohlásek, nebo i písmen, i když za různé frekvence (hloubky). U obou měření se projeví vyšší harmonické, hlavně jsou patrné u samohlásky „i“ na grafu 27.

3.4. Elektřina

3.4.1. Ohmův zákon

Úkol

Ověřte ohmův zákon pomocí zařízení Cobra3.

Teorie

Ohmův zákon vyjadřuje vztah mezi elektrickým odporem, napětím a proudem. Nese název svého objevitele Georga Ohma. Definice jednoho ohmu říká, že vodič má elektrický odpor jeden ohm, jestliže při napětí mezi koncovými průřezy jeden volt prochází vodičem proud jeden ampér. Tento zákon je dán vztahem () a má jednotky ohm Ω .

$$I = \frac{U}{R} \quad (27)$$

kde I je elektrický proud, U je elektrické napětí a R je elektrický odpor.[17]

Převrácená hodnota elektrického odporu R se nazývá elektrická vodivost (konduktance) G . Jednotkou elektrické vodivosti je siemens (S).

Definice jednoho siemensu: Vodič má jeden siemens právě tehdy, má-li odpor jeden ohm. Vodivost je dána vztahem

$$G = \frac{1}{R} \quad (28) \quad [18]$$

Odpor většiny látek je závislý na jejich teplotě, která se průchodem proudem může měnit. Rovněž lze náročným technologickým postupem vyrobit látky, jejichž odpor může mít za určitých podmínek výrazně nelineární charakter - polovodiče. Při vedení elektrického proudu dochází i k jiným elektrickým jevům - běžné materiály mají kromě odporu také elektrickou permitivitu, může se projevat vliv elektrické indukce. [17]

Alternativním způsobem zápisu Ohmova zákona je tzv. diferenciální tvar $j = \sigma \cdot E$ (29)

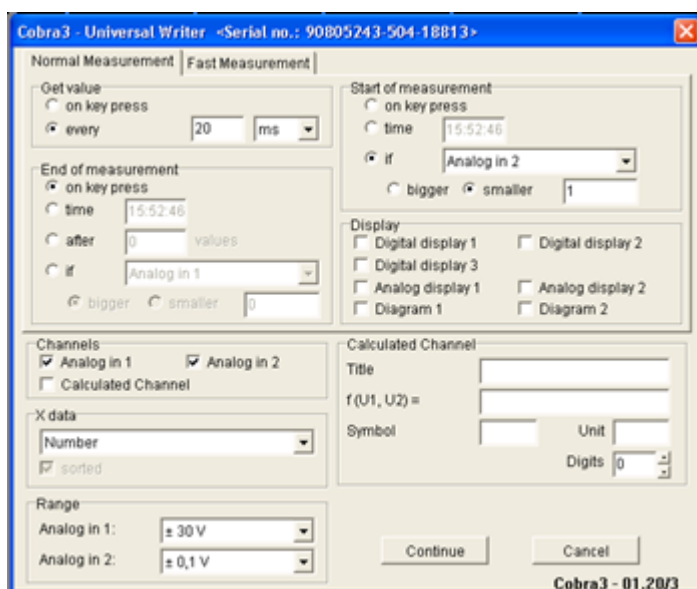
(kde j je hustota elektrického proudu, σ je měrná elektrická vodivost a E je intenzita elektrického pole. Diferenciální tvar vyjadřuje vztah elektrického pole a elektrického proudu. Toto je původní tvar Ohmova zákona. [17]

Pomůcky

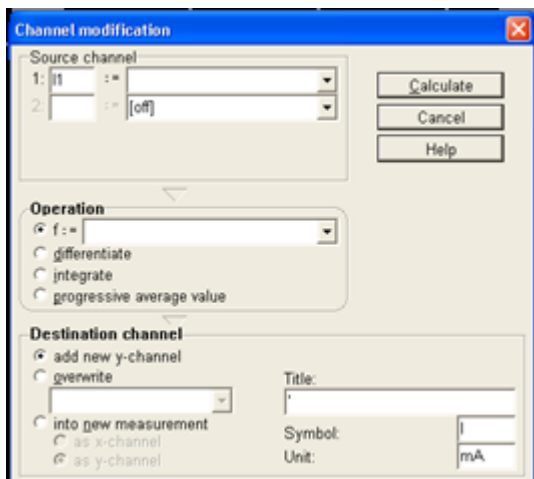
Základní jednotka Cobra3
Napájecí zdroj
Proměnný zdroj
Datový kabel Cobra3
Software Universal writer
Měřicí rezistor 0,22 Ω
Měřený rezistor 51 Ω
Napájecí kabely

Postup měření

Nejprve je třeba zapojit obvod podle schématu (obr.21). Zapojení se skládá ze dvou odporů zapojených v sérii. Jeden z nich (shunt-zkrat) je znám je 0,22 Ω , druhý odpor se ověřuje z měření. V tomto případě se ověřuje odpor 51 Ω . Odpor bočníku musí mít takovou hodnotu, aby pokles napětí byl o málo menší než 0,1 V na 10 V. Přesnost měření proudu je závislá na hodnotě zkratového odporu (shuntu). K měření je zapotřebí software Universal writer. Kde se nataví zaznamenávání údajů po 20 ms, start měření na stisk tlačítka. Na osu x je třeba nastavit zobrazování pouze čísel. Nastavení je vidět na obrázku č.21. Při měření je třeba měnit napětí na proměnném zdroji pomalu a rovnoměrně. Měří se maximálně do takového napětí, aby se nepoškodil odpor. Tímto měřením získáme volt-ampérovou charakteristiku. Tyto hodnoty by měly být odstraněny ve vyhodnocení. Dále je zapotřebí naměřené hodnoty napětí převést na proud v mA, to se provede v okně Channel modification pomocí vzorce $x: = x / 0,22 \cdot 1000$ (okno Channel modification je zobrazeno na obrázku č.22). Pomocí tohoto okna lze nastavovat veličiny, která Cobra3 spočítá z již naměřených veličin. Dále lze velice jednoduše nastavit osy výsledného grafu podle potřeby. Nakonec se z naměřených hodnot spočte odpor v tabulkovém procesoru.

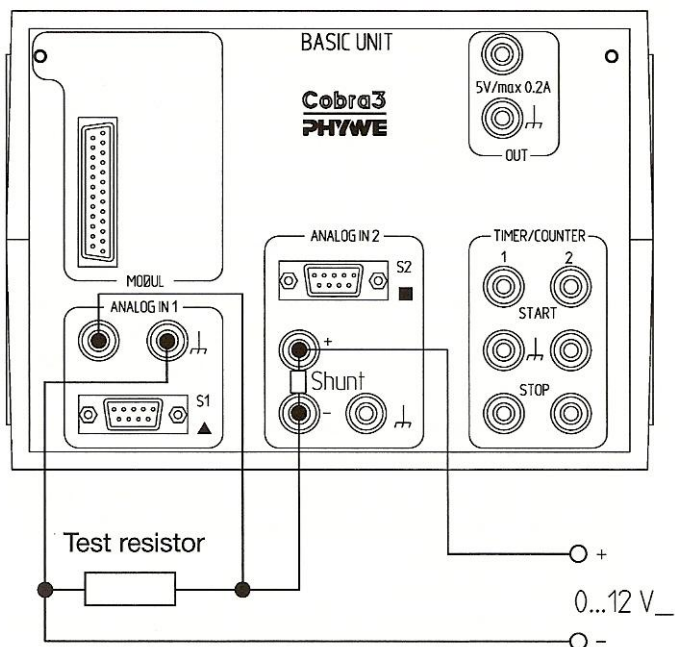


Obr. 21 Nastavení měření



Obr. 22 Okno Channel modification

Schéma zapojení



Obr. 23 Schéma zapojení [4]

Přehled výsledků

U [V]	I [mA]	R [Ω]
0,02	2	10,00
0,03	1	30,00
0,05	1	50,00
0,06	2	30,00
0,08	1	80,00
0,09	2	45,00
0,11	3	36,67
0,14	1	140,00
0,20	4	50,00
0,33	8	41,25
0,39	10	39,00
0,41	10	41,00
0,48	8	60,00
0,51	11	46,36
0,54	14	38,57
0,59	11	53,64
0,63	15	42,00
0,65	14	46,43
0,77	16	48,13
0,89	18	49,44
0,99	23	43,04
1,07	24	44,58
1,16	24	48,33
1,23	27	45,56
1,29	25	51,60
1,44	32	45,00
1,49	33	45,15
1,52	32	47,50
1,58	34	46,47
1,64	38	43,16
1,73	37	46,76
1,79	38	47,11
1,86	38	48,95
1,92	43	44,65
1,94	44	44,09
2,09	46	45,43
2,10	45	46,67
2,28	52	43,85
2,40	56	42,86
2,49	53	46,98
2,54	55	46,18
2,60	55	47,27
2,63	59	44,58
2,66	62	42,90
2,72	60	45,33
2,78	59	47,12
2,84	62	45,81
2,91	67	43,43

U [V]	I [mA]	R [Ω]
5,77	132	43,71
5,81	131	44,35
5,86	132	44,39
5,90	130	45,38
5,96	132	45,15
5,98	134	44,63
6,05	138	43,84
6,22	140	44,43
6,28	139	45,18
6,29	141	44,61
6,32	143	44,20
6,35	141	45,04
6,43	143	44,97
6,53	149	43,83
6,62	147	45,03
6,79	154	44,09
6,80	151	45,03
6,83	152	44,93
6,86	153	44,84
6,91	157	44,01
6,92	155	44,65
7,00	157	44,59
7,18	159	45,16
7,25	162	44,75
7,28	161	45,22
7,33	166	44,16
7,35	163	45,09
7,39	164	45,06
7,42	165	44,97
7,50	170	44,12
7,54	171	44,09
7,59	172	44,13
7,65	172	44,48
7,71	173	44,57
7,75	176	44,03
7,78	176	44,20
7,84	177	44,29
7,92	178	44,49
7,98	180	44,33
8,05	181	44,48
8,16	184	44,35
8,25	184	44,84
8,31	188	44,20
8,37	186	45,00
8,41	189	44,50
8,49	192	44,22
8,52	193	44,15
8,55	194	44,07

U [V]	I [mA]	R [Ω]
10,65	242	44,01
10,66	238	44,79
10,68	242	44,13
10,71	242	44,26
10,77	242	44,50
10,78	244	44,18
10,81	244	44,30
10,83	243	44,57
10,84	243	44,61
10,90	246	44,31
10,96	245	44,73
10,99	246	44,67
11,03	248	44,48
11,07	249	44,46
11,10	252	44,05
11,13	251	44,34
11,15	249	44,78
11,16	252	44,29
11,21	254	44,13
11,24	254	44,25
11,27	256	44,02
11,33	253	44,78
11,36	254	44,72
11,40	257	44,36
11,43	259	44,13
11,46	260	44,08
11,51	261	44,10
11,52	261	44,14
11,54	259	44,56
11,55	260	44,42
11,57	261	44,33
11,58	263	44,03
11,61	264	43,98
11,64	260	44,77
11,67	264	44,20
11,69	263	44,45
11,72	261	44,90
11,76	264	44,55
11,78	268	43,96
11,82	266	44,44
11,87	267	44,46
11,91	270	44,11
11,94	268	44,55
11,96	269	44,46
12,00	268	44,78
12,02	271	44,35
12,06	272	44,34
12,09	275	43,96

2,97	68	43,68
3,05	70	43,57
3,09	67	46,12
3,14	72	43,61
3,23	73	44,25
3,29	73	45,07
3,33	74	45,00
3,36	75	44,80
3,41	74	46,08
3,45	78	44,23
3,53	77	45,84
3,59	78	46,03
3,68	83	44,34
3,80	86	44,19
3,86	84	45,95
3,92	87	45,06
3,98	88	45,23
4,04	92	43,91
4,09	94	43,51
4,16	91	45,71
4,21	96	43,85
4,28	98	43,67
4,36	96	45,42
4,42	96	46,04
4,48	99	45,25
4,52	103	43,88
4,55	103	44,17
4,61	106	43,49
4,67	103	45,34
4,70	108	43,52
4,87	107	45,51
4,90	108	45,37
4,91	109	45,05
4,94	111	44,50
5,08	112	45,36
5,11	115	44,43
5,15	115	44,78
5,18	119	43,53
5,24	119	44,03
5,26	119	44,20
5,27	116	45,43
5,32	117	45,47
5,35	119	44,96
5,36	119	45,04
5,38	120	44,83
5,39	120	44,92
5,44	123	44,23
5,53	125	44,24
5,56	126	44,13
5,60	125	44,80
5,62	127	44,25

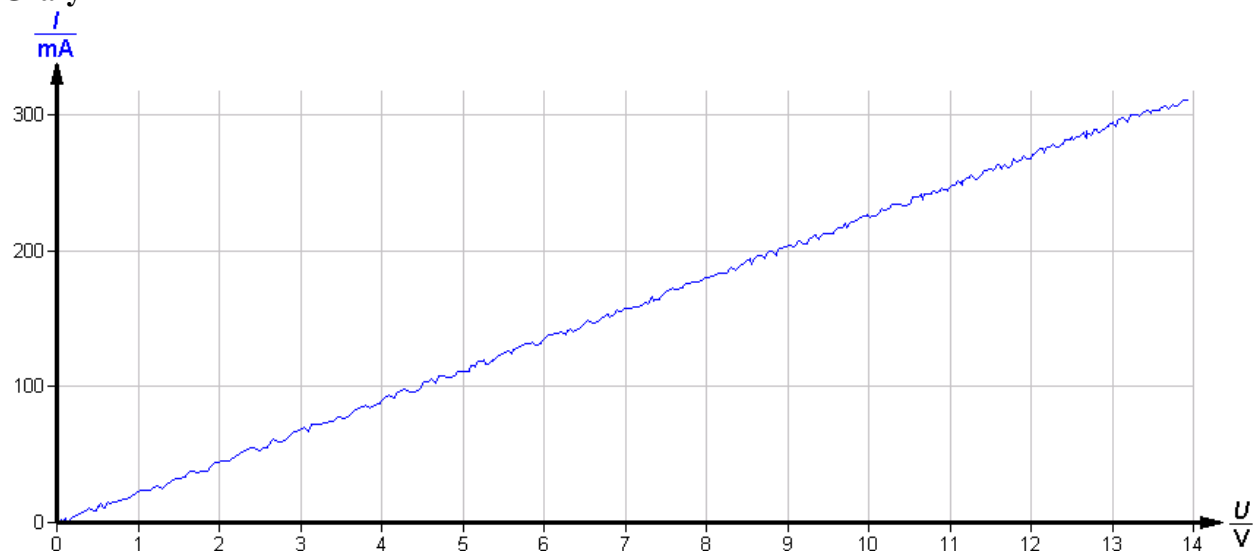
8,56	190	45,05
8,59	194	44,28
8,62	196	43,98
8,67	197	44,01
8,73	194	45,00
8,76	199	44,02
8,80	200	44,00
8,86	197	44,97
8,89	202	44,01
8,91	202	44,11
8,92	202	44,16
8,97	203	44,19
8,98	203	44,24
9,03	204	44,26
9,09	203	44,78
9,10	205	44,39
9,15	208	43,99
9,18	206	44,56
9,21	205	44,93
9,24	206	44,85
9,28	209	44,40
9,34	212	44,06
9,39	209	44,93
9,40	211	44,55
9,45	212	44,58
9,51	212	44,86
9,57	213	44,93
9,61	217	44,29
9,67	217	44,56
9,72	221	43,98
9,73	217	44,84
9,78	222	44,05
9,84	222	44,32
9,91	225	44,04
9,97	226	44,12
9,99	227	44,01
10,02	224	44,73
10,03	226	44,38
10,06	226	44,51
10,11	227	44,54
10,17	231	44,03
10,20	230	44,35
10,24	231	44,33
10,29	234	43,97
10,33	234	44,15
10,38	235	44,17
10,44	233	44,81
10,47	234	44,74
10,53	236	44,62
10,54	240	43,92
10,60	240	44,17

12,14	276	43,99
12,17	272	44,74
12,20	277	44,04
12,23	277	44,15
12,27	278	44,14
12,33	276	44,67
12,39	279	44,41
12,42	282	44,04
12,48	282	44,26
12,51	284	44,05
12,53	282	44,43
12,54	283	44,31
12,57	284	44,26
12,60	284	44,37
12,62	285	44,28
12,65	287	44,08
12,68	283	44,81
12,69	288	44,06
12,71	287	44,29
12,74	286	44,55
12,75	287	44,43
12,77	289	44,19
12,78	289	44,22
12,81	289	44,33
12,83	287	44,70
12,89	289	44,60
12,92	291	44,40
12,96	292	44,38
12,98	294	44,15
13,01	295	44,10
13,04	292	44,66
13,08	297	44,04
13,13	298	44,06
13,19	295	44,71
13,23	300	44,10
13,28	301	44,12
13,31	300	44,37
13,34	299	44,62
13,37	301	44,42
13,43	304	44,18
13,47	302	44,60
13,50	304	44,41
13,58	304	44,67
13,64	307	44,43
13,70	305	44,92
13,74	308	44,61
13,79	307	44,92
13,85	310	44,68
13,89	311	44,66
13,95	310	45,00

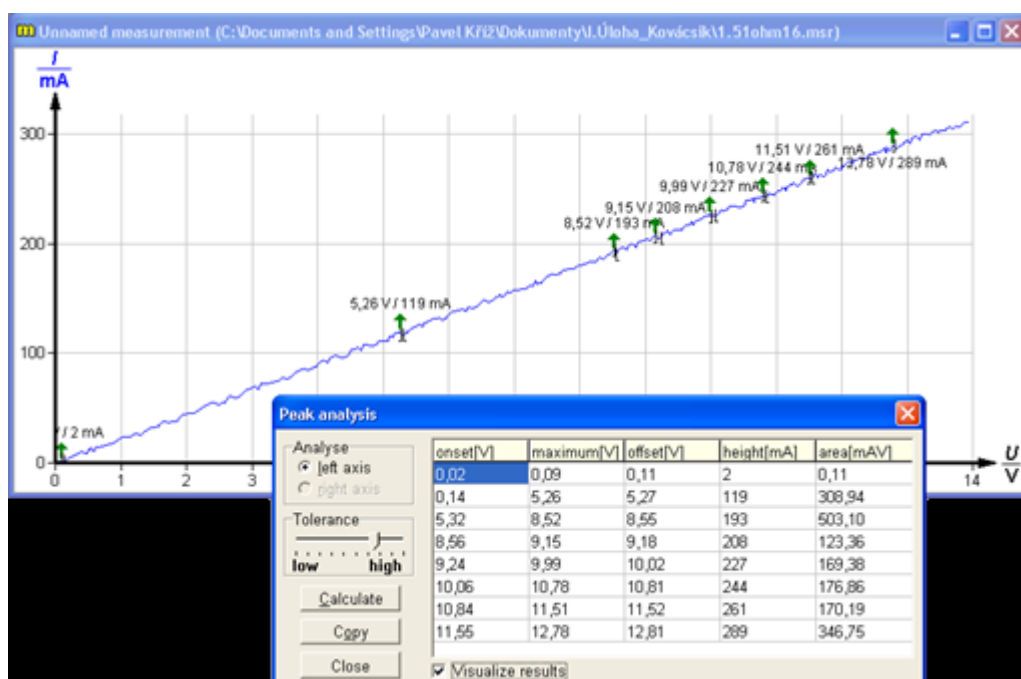
$R_{\text{prům.}} [\Omega]$	44,89
v	0,01

Tab. 18 Ohmův zákon

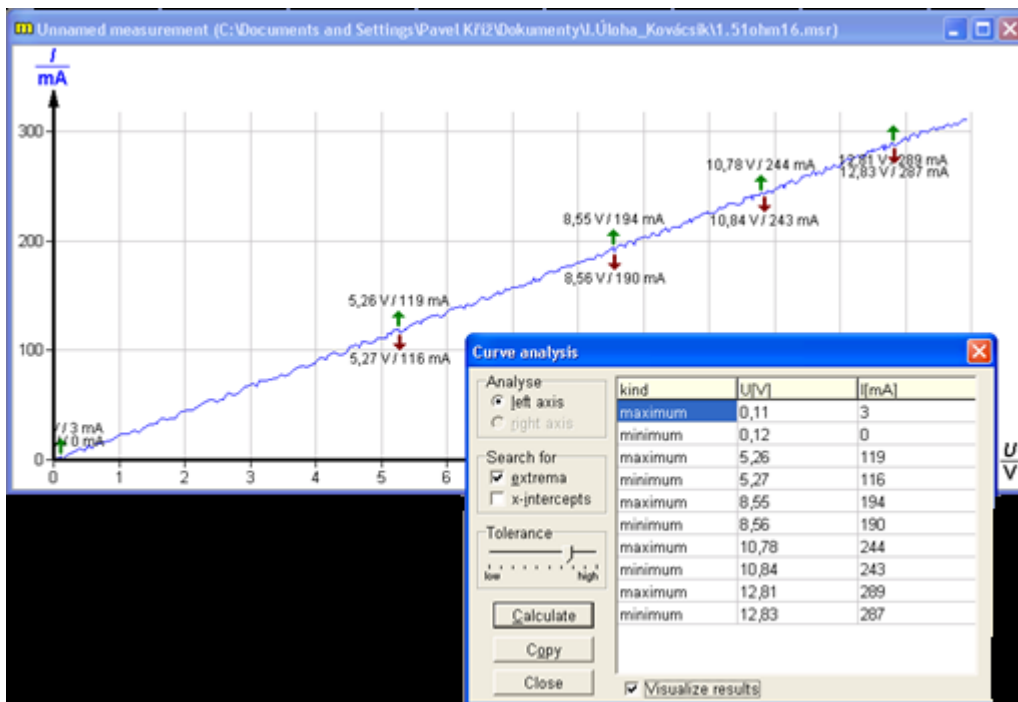
Grafy



Graf 30 Volt-ampérová charakteristika



Graf 31 Analýza vrcholů



Graf 32 Analýza křivky

Závěr

Podle výsledků v tabulce 18 je vidět, že odpor má $44,89 \Omega$, což se neshoduje s údajem 51Ω . Nepřesnost mohla být způsobena například tím, že údaj 51Ω na odporu nemusí být přesný. Někdy se mohou hodnoty odchýlit (záporné hodnoty), to může být způsobeno nepřesnostmi na potenciometru ve zdroji. Tyto hodnoty byli odstraněny ve vyhodnocení. U této úlohy se ukázala možnost práce s naměřenými hodnotami pomocí různých analýz viz. graf 31 a 32, kde naměřené hodnoty lze dále analyzovat. Tímto měřením lze dobře ověřit ohmův zákon, hlavní výhodou je několika násobně vyšší množství naměřených hodnot oproti běžnému měření. Z grafu 30 je vidět lineární funkce, i při velkém množství dat není křivka hladká, toho není dosaženo v žádném měření (je zde uvedeno pouze jedno vybrané měření).

3.4.2. Práce a výkon

Úkol

Změřte elektrickou práci a výkon žárovky pomocí zařízení Cobra3.

Teorie [19], [20]

Elektrická práce je fyzikální jev, při kterém elektrické pole působí elektrickou silou na elektricky nabitě těleso a posouvá jím. V širším slova smyslu se tak označuje konání práce elektromagnetickým silovým působením, ať už na celém tělese, nebo na částicích, tvořících jeho strukturu.

Práce elektromagnetického pole jako veličina

Elementární práce lze vyjádřit obecným vztahem

$$dW = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{s}. \quad (30)$$

V elektromagnetickém poli lze pro tělesa s klidnými či pohybujícími se náboji (včetně elementárních vířivých proudů projevujících se jako magnetické momenty částic) odvodit vhodnější vztahy, dosadíme-li sílu působení elektromagnetického pole na bodový náboj Q

$$\mathbf{F} = Q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}) \quad (31),$$

kde \mathbf{E} je intenzita elektrického pole, \mathbf{B} magnetická indukce a \mathbf{v} rychlost bodového náboje.

Práce elektrického pole

Vzhledem k tomu, že elektrické napětí U je svázáno s intenzitou elektrického pole \mathbf{E} vztahem

$$U = \int_{\mathbf{r}_1}^{\mathbf{r}_2} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} \quad (32),$$
 lze elementární práci vyjádřit jako součin napětí U a elementu přeneseného náboje dQ :

$$dW = U dQ \quad (33).$$

Elektrické napětí nebo elementární náboj lze v různých speciálních případech vyjádřit různě. Z toho plynou různé vztahy pro výpočet elementární práce.

Patří sem i nejčastěji uváděný případ konání elektrické práce při působení elektrického pole zdroje o napětí U na částice s elektrickým nábojem ve vodiči, které způsobí usměrněný pohyb nosičů náboje – elektrický proud I . (Tato práce se projeví zvýšením kinetické energie nosičů náboje a zpravidla končí jako teplo vydané na ohřátí vodiče.) V tomto případě lze elementární náboj vyjádřit pomocí proudu a elementárního času dt , což vede k elementární práci:

$$dW = UI dt \quad (34).$$

Elektrický výkon je fyzikální veličina, která vyjadřuje vykonanou elektrickou práci za jednotku času. Značí se písmenem P a jeho jednotkou je watt, značený písmenem W . Elektrický výkon je druhem výkonu, u kterého práci koná elektrická síla.

U obvodů střídavého proudu se rozlišují výkon činný, jalový, deformační a zdánlivý (a případně komplexní).

Výkon je definován jako množství práce vykonané za jednotku času:

$$P = \frac{W}{t} \quad (35)$$

V případě elektrického výkonu se jedná o elektrickou práci. Pokud se za čas dt přenese náboj dq mezi dvěma místy s napětím u , je vykonaná práce rovna $dW = u dq$ a okamžitá hodnota výkonu je rovna

$$p = \frac{dW}{dt} = \frac{dW}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} = u \cdot i \quad (36)$$

Okamžitý výkon je tedy roven součinu okamžitého proudu a napětí.

Kladnou hodnotou výkonu je vyjadřována spotřeba energie ve spotřebiči, záporná hodnota vyjadřuje dodávání energie ze zdroje.

Výkon u stejnosměrného proudu

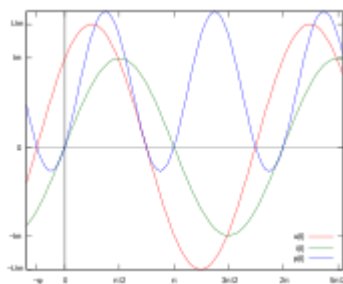
V obvodech stejnosměrného proudu jsou napětí i proud konstantní a lze tedy psát

$$P = p(t) = UI \quad (37)$$

Při využití Ohmova zákona lze odvodit další ekvivalentní vyjádření (užitečná při znalosti odporu):

$$P = \frac{U^2}{R} = I^2 R \quad (38)$$

Výkon u střídavého proudu



Obr. 24 výkon střídavého proudu

Okamžité napětí, proud a výkon v obvodu střídavého proudu

V obvodech střídavého proudu jsou obě veličiny (a tedy i okamžitý výkon) závislé na čase. Jejich průběhy jsou však zpravidla periodické, nejčastěji pak se sinusovým průběhem. Pokud tedy napětí a proud mají sinusový průběh o amplitudách U_m , resp. I_m , úhlové frekvenci ω a fázovém posuvu mezi proudem a napětím φ , platí:

$$p(t) = u(t)i(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi) I_m \sin(\omega t) = UI ((1 - \cos 2\omega t) \cos \varphi + \sin 2\omega t) \quad (39),$$

kde U a I jsou efektivní hodnoty napětí a proudu ($\sqrt{2}U = U_m$), ($\sqrt{2}I = I_m$) (40).

Z tohoto vztahu je zřejmé, že okamžitý výkon u sinusového průběhu má také periodický, sinusový průběh, ovšem s dvojnásobnou frekvencí (viz obrázek). V některých okamžicích je navíc výkon záporný – z toho je vidět, že část výkonu se obvodem přelévá tam i zpět.

U periodického průběhu lze definovat střední hodnotu výkonu za periodu:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T u(t)i(t) dt \quad (41)$$

Tato střední hodnota popisuje výkon, který se přenáší od zdroje ke spotřebiči, kde se nenávratně proměňuje v jiný druh energie. Proto se označuje jako činný výkon. V případě sinusového průběhu lze tuto střední hodnotu vypočítat jako

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u(t)i(t) dt = UI \cos \varphi \quad (42)$$

Pomůcky

Cobra3 základní jednotka

Datový kabel

Cobra3 Universal Plotter Software

Proměnný zdroj 0-30 V

Rezistor (shunt)

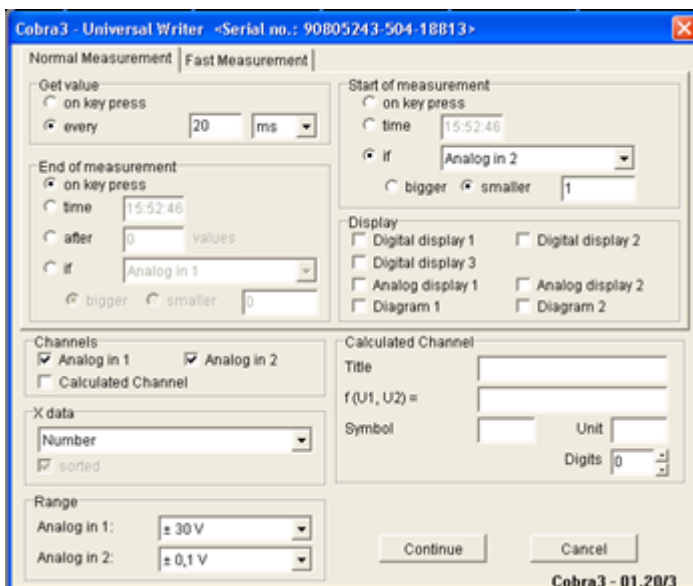
Žárovka 6V/0,5 A

Napájecí kabely

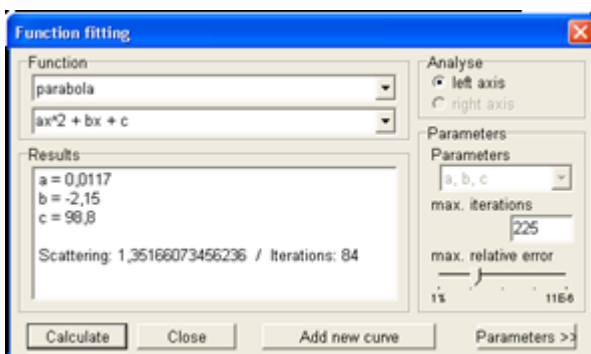
Postup měření

Nejprve je třeba zapojit obvod podle schématu. U této úlohy se použije softwaru Universal Writer. V programu je třeba nastavit na oba kanály, zaznamenávání hodnot po 1 sekundě (případně 20 ms, podle kvality měřících pomůcek) začátek a konec měření na stisk tlačítka. Vstup Analog in 1 se nastaví na 30 V (záleží na použitém zdroji). Nastavení měření je vidět na obrázku 25. Při samotném měření se zvyšuje napětí (žárovka se rozsvěcuje) do doby, než žárovka zhasne, to je asi kolem 5 V. Po zhasnutí ukončíme měření. Zpočátku se na ose x nezobrazuje čas, ale počet zaznamenaných měřících bodů. Dále je třeba v měření provést nastavení v okně Channel modification podle vzorce $x := x/0,22$. Tímto nastavením dostaneme do tabulky a grafu hodnotu proudu. Dále potřebujeme převést naměřené hodnoty proudu a napětí, na výkon P ve Wattech, to lze provést v liště Analýza, okno změna kanálu podle vzorce $x = x_r * x_l$. V informaci o kanálu je třeba také přepsat symbol jednotky na P, jednotku Watt W. Poté totéž provedeme u práce W, ovšem podle vzorce $x := X_L / X_R$.

Pozn. zapojení je v podstatě sériové spojení dvou odporů, jeden z nich je znám (shunt), druhý je odpor zátěže který má být zkoumán, v tomto případě žárovka. Aby bylo možné určit, práci a výkon zátěže, také proud, který teče přes obvod, tak zapojí se na vstup Analog IN 1 vstupní konektor na jednotku Cobra3. Proud, který teče přes obvod (shunt, zátěž) je rovněž určen měřením napětí, které se provádí na analogovém vstupu IN 2 . Jak je uvedeno výše, proud, výkon, odolnost a práce se počítají ze dvou měřících kanálů.

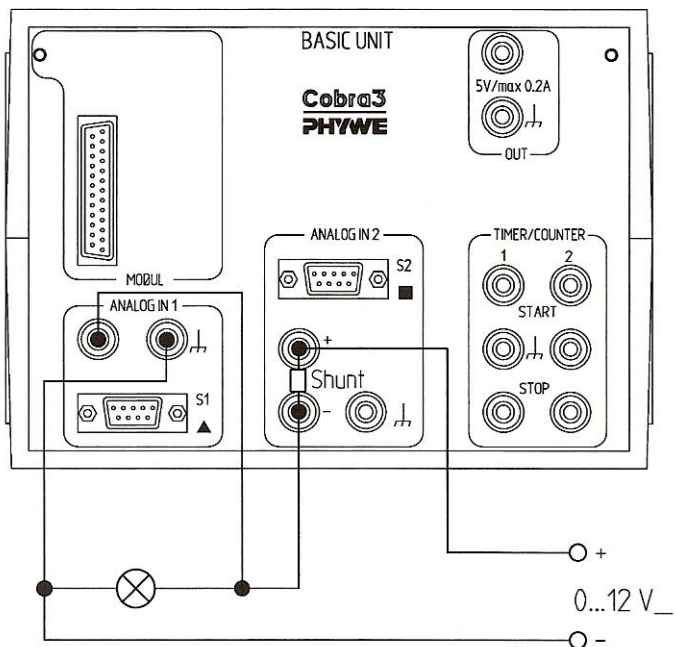


Obr. 25 Nastavení měření



Obr. 26 Function fitting

Schéma zapojení



Obr. 26 Schéma zapojení [4]

Přehled výsledků

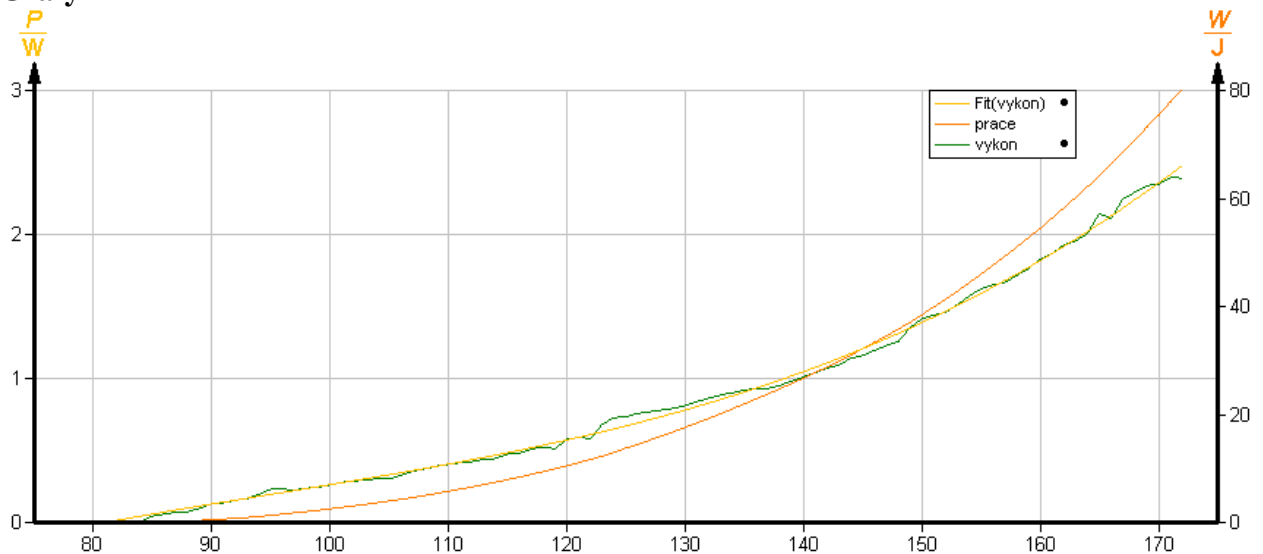
t [s]	U [V]	I [A]	P [W]	W [J]	P' [W]
81	0,08	0,13	0,01	0,06	0,00
82	0,08	0,13	0,01	0,07	0,02
83	0,11	0,09	0,01	0,07	0,03
84	0,11	0,09	0,01	0,08	0,04
85	0,23	0,17	0,04	0,11	0,06
86	0,27	0,22	0,06	0,16	0,07
87	0,32	0,22	0,07	0,23	0,09
88	0,32	0,25	0,08	0,30	0,10
89	0,38	0,26	0,10	0,39	0,11
90	0,45	0,29	0,13	0,50	0,13
91	0,48	0,29	0,14	0,64	0,14
92	0,53	0,30	0,16	0,79	0,16
93	0,57	0,30	0,17	0,95	0,17
94	0,65	0,31	0,20	1,13	0,18
95	0,74	0,31	0,23	1,34	0,20
96	0,77	0,30	0,23	1,58	0,21
97	0,80	0,29	0,23	1,80	0,22
98	0,84	0,29	0,24	2,04	0,24
99	0,89	0,27	0,24	2,28	0,25
100	0,95	0,27	0,26	2,53	0,26
101	1,02	0,27	0,28	2,80	0,28

102	1,07	0,27	0,29	3,09	0,29
103	1,11	0,26	0,29	3,38	0,30
104	1,17	0,26	0,30	3,68	0,32
105	1,20	0,25	0,30	3,98	0,33
106	1,28	0,26	0,33	4,30	0,35
107	1,37	0,26	0,36	4,64	0,36
108	1,43	0,26	0,37	5,00	0,38
109	1,49	0,26	0,39	5,39	0,39
110	1,55	0,26	0,40	5,79	0,41
111	1,59	0,26	0,42	6,20	0,42
112	1,62	0,26	0,42	6,62	0,44
113	1,68	0,26	0,44	7,05	0,45
114	1,71	0,26	0,44	7,49	0,47
115	1,79	0,27	0,48	7,95	0,49
116	1,82	0,26	0,48	8,43	0,50
117	1,89	0,27	0,51	8,92	0,52
118	1,92	0,27	0,52	9,44	0,54
119	1,92	0,27	0,51	9,96	0,55
120	2,04	0,28	0,58	10,50	0,57
121	2,10	0,28	0,59	11,09	0,59
122	2,10	0,28	0,58	11,67	0,61
123	2,30	0,30	0,68	12,31	0,63
124	2,39	0,31	0,73	13,01	0,65
125	2,43	0,30	0,74	13,75	0,67
126	2,48	0,31	0,76	14,49	0,69
127	2,51	0,31	0,77	15,26	0,71
128	2,54	0,31	0,78	16,03	0,74
129	2,58	0,31	0,79	16,82	0,76
130	2,61	0,31	0,81	17,62	0,78
131	2,67	0,31	0,84	18,44	0,81
132	2,72	0,32	0,86	19,30	0,83
133	2,76	0,32	0,89	20,17	0,85
134	2,81	0,32	0,90	21,06	0,88
135	2,84	0,32	0,92	21,97	0,91
136	2,87	0,32	0,93	22,90	0,93
137	2,88	0,32	0,93	23,83	0,96
138	2,91	0,33	0,95	24,77	0,99
139	2,97	0,33	0,98	25,74	1,02
140	3,02	0,33	1,01	26,74	1,05
141	3,08	0,34	1,04	27,76	1,08
142	3,14	0,34	1,07	28,82	1,11
143	3,20	0,34	1,09	29,90	1,14
144	3,26	0,35	1,14	31,02	1,17
145	3,30	0,35	1,16	32,17	1,21
146	3,36	0,36	1,20	33,35	1,24
147	3,42	0,36	1,23	34,56	1,28
148	3,48	0,36	1,26	35,80	1,31
149	3,63	0,37	1,35	37,11	1,35
150	3,76	0,38	1,42	38,49	1,39
151	3,80	0,38	1,44	39,92	1,43
152	3,85	0,38	1,46	41,37	1,47

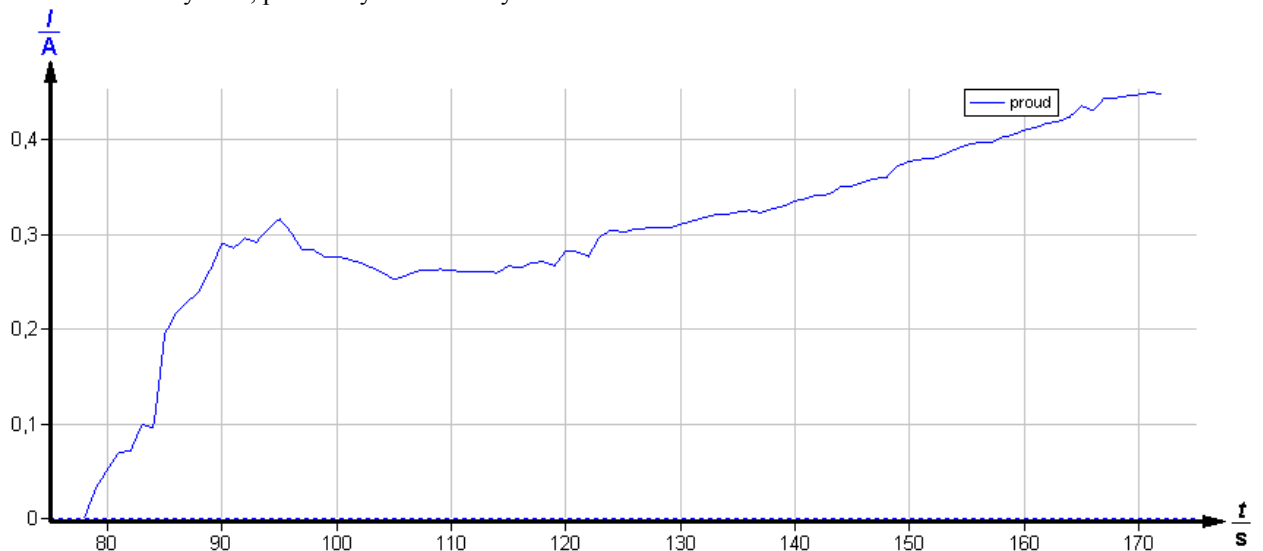
153	3,94	0,38	1,51	42,86	1,51
154	4,04	0,39	1,57	44,40	1,55
155	4,12	0,39	1,62	46,00	1,59
156	4,16	0,40	1,65	47,64	1,63
157	4,21	0,40	1,67	49,30	1,68
158	4,27	0,40	1,72	50,99	1,73
159	4,36	0,40	1,76	52,73	1,77
160	4,46	0,41	1,83	54,52	1,82
161	4,52	0,41	1,87	56,37	1,87
162	4,63	0,42	1,93	58,27	1,92
163	4,67	0,42	1,96	60,21	1,97
164	4,73	0,42	2,01	62,19	2,02
165	4,93	0,43	2,14	64,27	2,07
166	4,90	0,43	2,11	66,39	2,13
167	5,08	0,44	2,25	68,57	2,18
168	5,17	0,44	2,29	70,84	2,24
169	5,24	0,45	2,34	73,16	2,30
170	5,26	0,45	2,35	75,50	2,36
171	5,33	0,45	2,40	77,88	2,42
172	5,33	0,45	2,39	80,27	2,48

v	0,01
---	------

Grafy



Graf 33 Průběh výkonu, práce a vyhlazeného výkonu v čase



Graf 34 Průběh proudu v čase

Závěr

Toto měření je vhodné pro práci s úpravou funkcí grafů viz obr. 26, kde se upravuje (fituje) výkon pomocí rovnice paraboly. Touto úpravou lze dosáhnout mnohem hladší křivky, to vidět i na grafu 33. Dále z grafu 34 je jasné, že průběh proudu v čase není lineární, na začátku je průběh strmý, projevuje se tak, že se vlákno žárovky prudce nažhavuje. Po prudkém rozežhání vlákna se rychlost ohřevu velice zpomalí. Z grafu 33 lze říci, že práce i výkon narůstají téměř parabolicky, to je vidět i z fitu výkonu. Někdy se mohou některé hodnoty výrazněji lišit, to může být způsobeno nepravidelnostmi v napájení na potenciometru. Tyto hodnoty je třeba smazat.

4. Závěr

Velkou výhodou zařízení Cobra3 je množství nashromážděných údajů, se kterými lze následně pracovat pomocí softwaru Cobra3. Měřením na zařízení Cobra3 se tedy velmi výrazně zpřesňuje měření v podmínkách školní laboratoře, protože naměřené údaje jsou přesně zaznamenávány zařízením Cobra3 a následně ukládány do počítače. Tímto se velice omezí chyby měření způsobené osobou, která měří. Dále právě množstvím nashromážděných měřených údajů se také velmi výrazně zlepšuje přesnost měření. Je jasné, že v běžných školních laboratorních podmínkách není možné docílit takovéto přesnosti měření. Potom také zpřesňuje měření fakt, že pomůcky na měření k zařízení Cobra3, jako je například polovodičové teplotní čidlo, měřící mikrofón optická závora jsou citlivé přístroje. V běžných školních laboratorních podmínkách, kde se využívá například stopek, nebo rtuťového teploměru nejsme schopni docílit v žádném případě takových přesných výsledků. V neposlední řadě Cobra3 ulehčuje vyhodnocení i tím, že automaticky software vygeneruje graf měření. Naopak nevýhodou je, že některé další výpočty, jako je například gravitační zrychlení, měrná tepelná kapacita atd. je třeba provést „ručně“ nebo v tabulkovém procesoru. Další nevýhodou je vysoká cena zařízení, což omezuje jakousi možnost měření ve větších skupinách. Proto si myslím, že je toto zařízení ideální na prokázání fyzikálních zákonů ve školních podmínkách, ovšem není možné s ním masově pracovat z finančních důvodů.

5. Seznam literatury

- [1]: <http://www.phywe.cz/> ,20.3.2010
- [2]: http://cs.wikipedia.org/wiki/Voln%C3%BD_p%C3%A1d , 20.3.2010
- [3]: http://cs.wikipedia.org/wiki/T%C3%ADhov%C3%A9_zrychlen%C3%AD ,20.3.2010
- [4]: Handbook Cobra3 Physics – stručné návody k úlohám (anglicky)
- [5]: http://cs.wikipedia.org/wiki/Matematick%C3%A9_kyvadlo ,20.3.2010
- [6]: <http://fyzika.jreichl.com/index.php?page=205&sekce=browse> ,20.3.2010
- [7]: http://cs.wikipedia.org/wiki/Tepeln%C3%A1_kapacita , 20.3.2010
- [8]: http://cs.wikipedia.org/wiki/M%C4%9Brn%C3%A1_tepeln%C3%A1_kapacita ,
20.3.2010
- [9]: http://cs.wikipedia.org/wiki/Skupensk%C3%A9_teplo_t%C3%A1n%C3%AD ,
20.3.2010
- [10]: http://cs.wikipedia.org/wiki/Skupensk%C3%A9_teplo_t%C3%A1n%C3%AD ,
20.3.2010
- [11]: Halliday, D., Resnik, R. Walker, J Fyzika. Vutium, Rrometheus, Praha,2000.
- [12]: <http://jlswbs.wordpress.com/2009/05/18/fourierova-analyza/> , 20.3.2010
- [13]: http://cs.wikipedia.org/wiki/Alikvotn%C3%AD_t%C3%B3n , 20.3.2010
- [14]: <http://fyzika.fce.vutbr.cz/file/martinek/frekvanzvuku.pdf> , 20.3.2010
- [15]: <http://www.flauto-dolce.wz.cz/druhy.htm> , 20.3.2010
- [16]: Encyklopedie Diderot ISBN 80-902555-2-3 DIDEROT 1999
- [17]: http://cs.wikipedia.org/wiki/Ohm%C5%AFv_z%C3%A1kon , 20.3.2010
- [18]: http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektrick%C3%A1_vodivost , 20.3.2010
- [19]: http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektrick%C3%A1_pr%C3%A1ce , 20.3.2010
- [20]: http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektrick%C3%BD_v%C3%BDkon , 20.3.2010