

Václav Pazdera
Jan Diviš
Jan Nohýl

Měření
fyzikálních
veličin
se systémem
Vernier



Pracovní listy **SEXTA**

pro základní školy a víceletá gymnázia



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Fyzika na scéně - exploratorium pro žáky základních a středních škol
reg. č.: CZ.1.07/1.1.04/03.0042

6. SEXTA

6.1	Měrná tepelná kapacita.	5
6.2	Tání kostek ledu.	11
6.3	Teplota. Relaxační doba.	19
6.4	Izotermický děj.	25
6.5	Izochorický děj.	31
6.6	Povrchová síla.	37
6.7	Mechanický oscilátor.	41
6.8	Rychlost a zrychlení kmitavého pohybu.	49
6.9	Kyvadlo.	57
6.10	Vlnění.	63
6.11	Složené kmitání.	69
6.12	Přeměny energie.	77
6.13	Zdroje zvuku.	81
6.14	Rychlost zvuku.	89
6.15	Interference vlnění.	91
6.16	Hlasitost.	93
6.17	Chladního obrazce.	97
6.18	Dopplerův jev.	105

Poznámka: Modře jsou podbarvené úlohy, pro které byly vytvořeny pouze pracovní listy a nebyly vytvořeny protokoly a vzorová řešení.

Fyzikální veličina je jakákoliv objektivní vlastnost hmoty, jejíž hodnotu lze **změřit** nebo **spočítat**. **Měření** fyzikální veličiny je praktický **postup** zjištění hodnoty fyzikální veličiny. Metody měření lze rozdělit na absolutní a relativní, přímé a nepřímé.

Tento **sborník pracovních listů, protokolů a vzorových řešení** je věnován měření fyzikálních veličin měřicím systémem **Vernier**. Samozřejmě lze stejné úlohy měřit i s pomocí jiných měřicích systémů.



Sborník je určen pro studenty a učitele.

Sborník pro PRIMU, SEKUNDU, TERCII a KVARTU pokrývá učivo nižšího gymnázia a jim odpovídajícím ročníkům základních škol. Sborník pro KVINTU, SEXTU, SEPTIMU a OKTÁVU pokrývá učivo fyziky pro vyšší stupeň gymnázia nebo střední školy.

U každého **pracovního listu** je uvedena stručná fyzikální teorie, seznam potřebných pomůcek, schéma zapojení, stručný postup, jednoduché nastavení měřicího systému, ukázka naměřených hodnot a případně další náměty k měření.

Protokol slouží pro **studenta** k vyplnění a vypracování.

Vzorové řešení (vyplněný protokol) slouží pro **učitele**, jako možný způsob vypracování (vyplnění).

Byl bych rád, kdyby sborník pomohl studentům a učitelům fyziky při objevování krás vědy zvané fyzika a výhod, které nabízí měření fyzikálních veličin pomocí měřicích systémů ve spojení s PC.

Jaké jsou výhody měření fyzikálních veličin se systémem Vernier (nebo jiných)?

- K měřicímu systému můžeme připojit až 60 různých senzorů.
- Všechna měření různých fyzikálních veličin se ovládají stejně, což přináší méně stresu, více času a radosti z měření.
- Při použití dataprojektoru máme obrovský měřicí přístroj.
- Měření můžeme provádět ve třídě i v terénu.
- Měření lehce zvládnou „malí“ i „velcí“.
- Můžeme měřit několik veličin současně a v závislosti na sobě.
- Naměřené hodnoty lze přenášet i do jiných programů.
- Naměřené hodnoty lze uložit pro další měření nebo zpracování.
- Lze měřit i obtížně měřené veličiny a lze měřit i dopočítávané veličiny.
- Lze měřit velmi rychlé děje a velmi pomalé děje.
- Pořízení měřicího systému není drahé.
- Máme k dispozici hodně námětů k měření.
- Výsledek měření nás někdy překvapí a ... poučí.
- Ve většině měření je výstupem „graf“ – velmi názorně se buduje vnímání fyzikálních vztahů mezi veličinami.

Přeji mnoho zdaru při měření fyzikálních veličin a hodně radosti z naměřených výsledků.

Olomouc 2012

Václav Pazdera

Fyzikální princip

Při tepelné výměně mezi dvěma tělesy platí **kalorimetrická rovnice** ve tvaru

$$c_1 \cdot m_1 \cdot (t_1 - t) = c_2 \cdot m_2 \cdot (t - t_2) + C_k (t - t_2),$$

kde m_1 je hmotnost teplejšího tělesa, c_1 měrná tepelná kapacita teplejší látky, t_1 počáteční teplota teplejšího tělesa, m_2 hmotnost kapaliny v kalorimetru, c_2 měrná tepelná kapacita kapaliny, t_2 počáteční teplota kapaliny, t výsledná teplota po dosažení rovnovážného stavu a C_k tepelná kapacita kalorimetru.

Cíl

Určit měrnou tepelnou kapacitu c_1 daného kovu.

Pomůcky

LabQuest, dva teploměry TMP-BTA, digitální váhy, kalorimetr, kovová závaží.

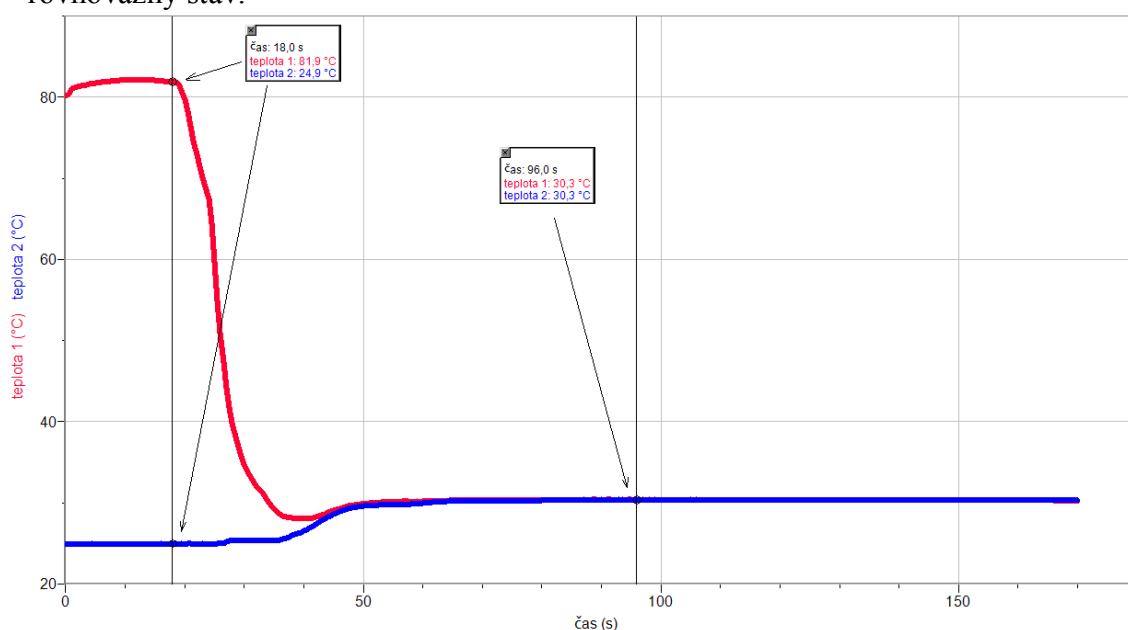


Schéma



Postup

1. **Připojíme** teploměr TMP-BTA do vstupu CH1 a druhý teploměr TMP-BTA do vstupu CH2 LabQuestu. Určíme hmotnost kovového závaží. Do hrnce s vodou na vařiči vložíme teploměr a na háček zavěsíme kovové závaží ponořené ve vodě – viz schéma. Začneme ohřívat.
2. Určíme hmotnost vnitřní nádoby kalorimetru s míchačkou. Dále určíme tepelnou kapacitu vnitřní nádoby kalorimetru. $C_k = c_k \cdot m_k$.
3. Do kalorimetru nachystáme přibližně 100 ml studené vody. Do vody vložíme druhý teploměr. Teploměry můžeme upevnit do stojanů.
4. **Zapneme** LabQuest a **nastavíme** v menu Sensory – Záznam dat: Trvání: **180 s**, Frekvence: **2 čtení/s**. Dále zvolíme zobrazení grafu.
5. Zvolíme **okno Graf**. Na svislé ose y zvolíme zobrazování obou teplot a na vodorovné ose x ponecháme čas.
6. **Stiskneme** tlačítko START (měření) na LabQuestu. **Přeložíme** teploměr a kovové těleso z nádoby s horkou vodou do kalorimetru se studenou vodou a počkáme, až nastane rovnovážný stav.



7. **Ukončíme měření.**
8. Z grafů **odečteme** teploty před tepelnou výměnou (t_1 a t_2) a po tepelné výměně (t).
9. **Vypočítáme** měrnou tepelnou kapacitu kovového tělesa c_1 .

$$c_1 = \frac{(c_2 \cdot m_2 + C_k) \cdot (t - t_2)}{m \cdot (t_1 - t)}$$

10. **Porovnáme** výsledné hodnotu s hodnotou v tabulkách.
11. **Vyslovíme závěr.**

Doplňující otázky

1. Proč měření nevychází úplně přesně? Čím je to způsobeno?
2. Zkus stejné měření pro těleso z jiné látky (mosazný váleček, železný váleček, hliníkový váleček...).

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 6.1 Měrná tepelná kapacita	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i>
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

- hmotnost vnitřní nádoby s míchačkou ... $m_k = \dots$ kg
- měrná tepelná kapacita kalorimetru ... $c_k = \dots$ J·kg⁻¹·K⁻¹
- tepelná kapacita kalorimetru ... $C_k = c_k \cdot m_k = \dots$ J·K⁻¹
- hmotnost tělesa ... $m_1 = \dots$ kg
- hmotnost kapaliny v kalorimetru ... $m_2 = \dots$ kg
- měrná tepelná kapacita kapaliny ... $c_2 = \dots$ J·kg⁻¹·K⁻¹

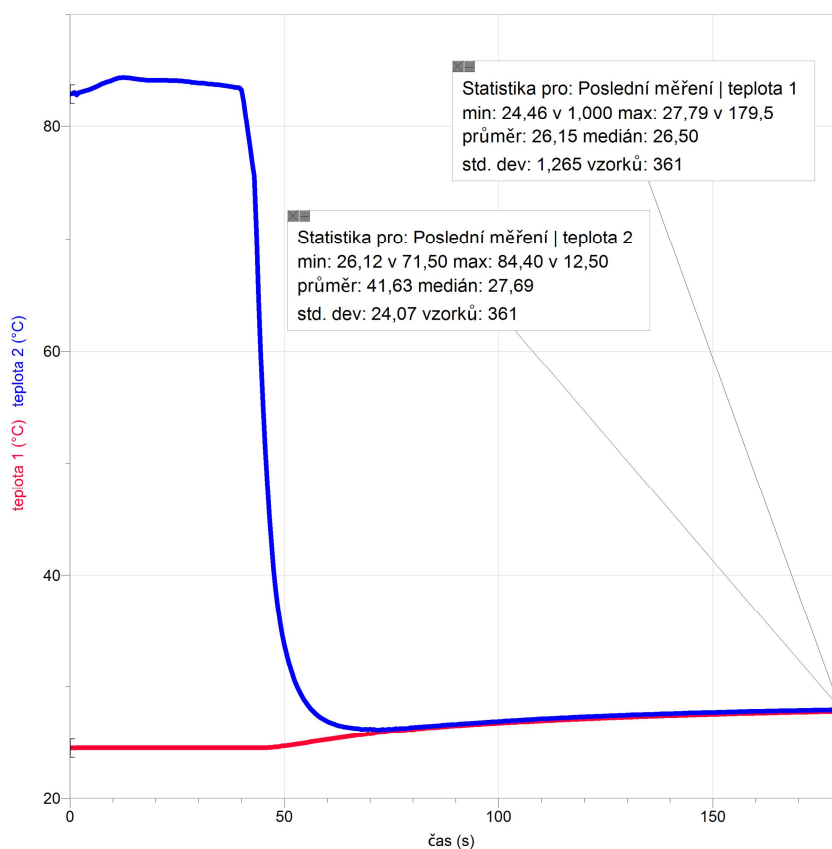
- počáteční teplota tělesa ... $t_1 = \dots$ °C
- počáteční teplota kapaliny ... $t_2 = \dots$ °C
- teplota po dosažení rovnovážného stavu ... $t = \dots$ °C
- měrná tepelná kapacita tělesa ... $c_1 = \frac{(c_2 \cdot m_2 + C_k) \cdot (t - t_2)}{m_1 \cdot (t_1 - t)} =$

Porovnání s tabulkovou hodnotou + závěr:

Proč měření nevychází úplně přesně? Čím je to způsobeno?

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 6.1 Měrná tepelná kapacita	
Jméno:	Podmínky měření:
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

- hmotnost vnitřní nádoby s míchačkou ... $m_k = 0,042 \text{ kg}$
- měrná tepelná kapacita kalorimetru ... $c_k = 896 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- tepelná kapacita kalorimetru ... $C_k = c_k \cdot m_k = 37,632 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$
- hmotnost tělesa ... $m_1 = 0,035 \text{ kg}$
- hmotnost kapaliny v kalorimetru ... $m_2 = 0,11 \text{ kg}$
- měrná tepelná kapacita kapaliny ... $c_2 = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$



- počáteční teplota tělesa ... $t_1 = 84,4 \text{ } ^\circ\text{C}$
- počáteční teplota kapaliny ... $t_2 = 24,5 \text{ } ^\circ\text{C}$
- teplota po dosažení rovnovážného stavu ... $t = 27,9 \text{ } ^\circ\text{C}$

- měrná tepelná kapacita tělesa ...

$$c_1 = \frac{(c_2 \cdot m_2 + C_k) \cdot (t - t_2)}{m_1 \cdot (t_1 - t)} = \frac{(4180 \cdot 0,11 + 37,6) \cdot 3,4}{0,035 \cdot 56,5}$$

$$c_1 = 855 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Porovnání s tabulkovou hodnotou + závěr:

Těleso je vyrobeno z hliníku.

Měrná tepelná kapacita hliníku uvedená v tabulkách má velikost $896 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Naším měřením jsme zjistili, že těleso má měrnou tepelnou kapacitu $855 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Proč měření nevychází úplně přesně? Čím je to způsobeno?

Drobná nepřesnost měření je způsobena tepelnými ztrátami. K těmto ztrátám dochází při přesunu tělesa do kalorimetru a také dochází k tepelné výměně mezi kalorimetrem a okolím.

Fyzikální princip

Táním rozumíme **změnu pevného skupenství** na skupenství kapalné.

Cíl

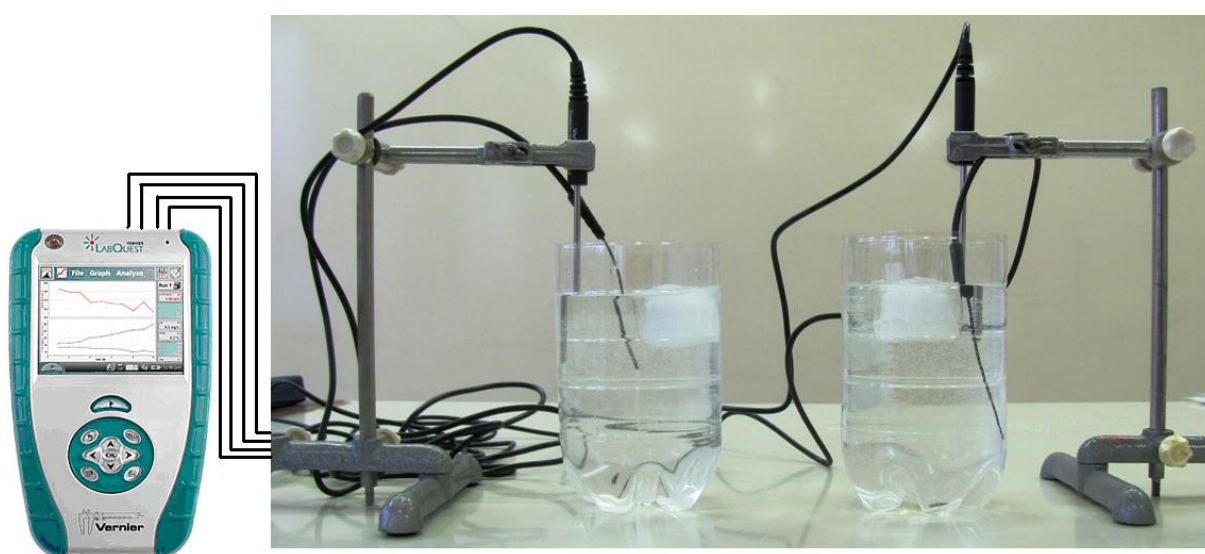
Uskutečnit **tání** a pochopit děje, které probíhají v okolní kapalině při tání pevného tělesa.

Pomůcky

LabQuest, **dva** teploměry TMP-BTA, **dva** teploměry STS-BTA, digitální váhy, dva stejné kusy ledu, dvě PET nádoby, držáky, sůl.

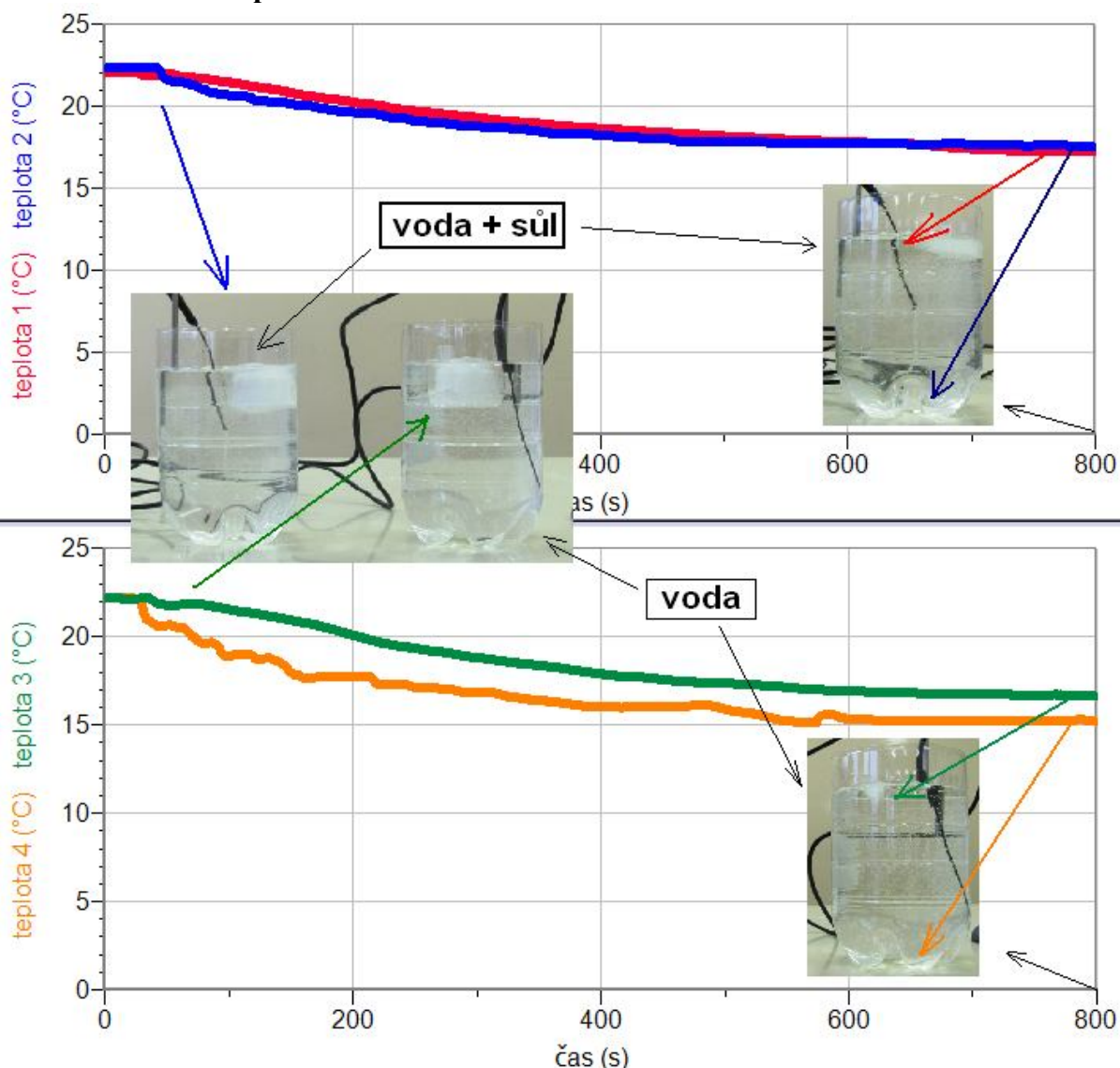


Schéma



Postup

1. **Připojíme** první teploměr TMP-BTA do vstupu CH1 a druhý teploměr STS-BTA do vstupu CH2 LabQuestu. Prvním budeme měřit teplotu vody u hladiny a druhým teplotu u dna. Podobně použijeme třetí teploměr TMP-BTA a čtvrtý teploměr STS-BTA připojíme do vstupů CH3 a CH4 a podobně budeme měřit teplotu vody v druhé nádobě u hladiny a u dna (viz schéma). Do **první** nádoby nasypeme 100 g soli.
2. **Zapneme** LabQuest a **nastavíme** v menu Senzory – Záznam dat: Trvání: **800 s**, Frekvence: 1 čtení/s. Dále zvolíme zobrazení grafu.
3. Zvolíme **okno Graf**.
4. Necháme žáky odhadnout výsledek experimentu.
5. **Stiskneme** tlačítko START (měření) na LabQuestu. Do obou nádob vložíme dva stejné 100 g kusy ledu, které jsme si předem nachystali.
6. **Necháme v klidu proběhnout měření.**

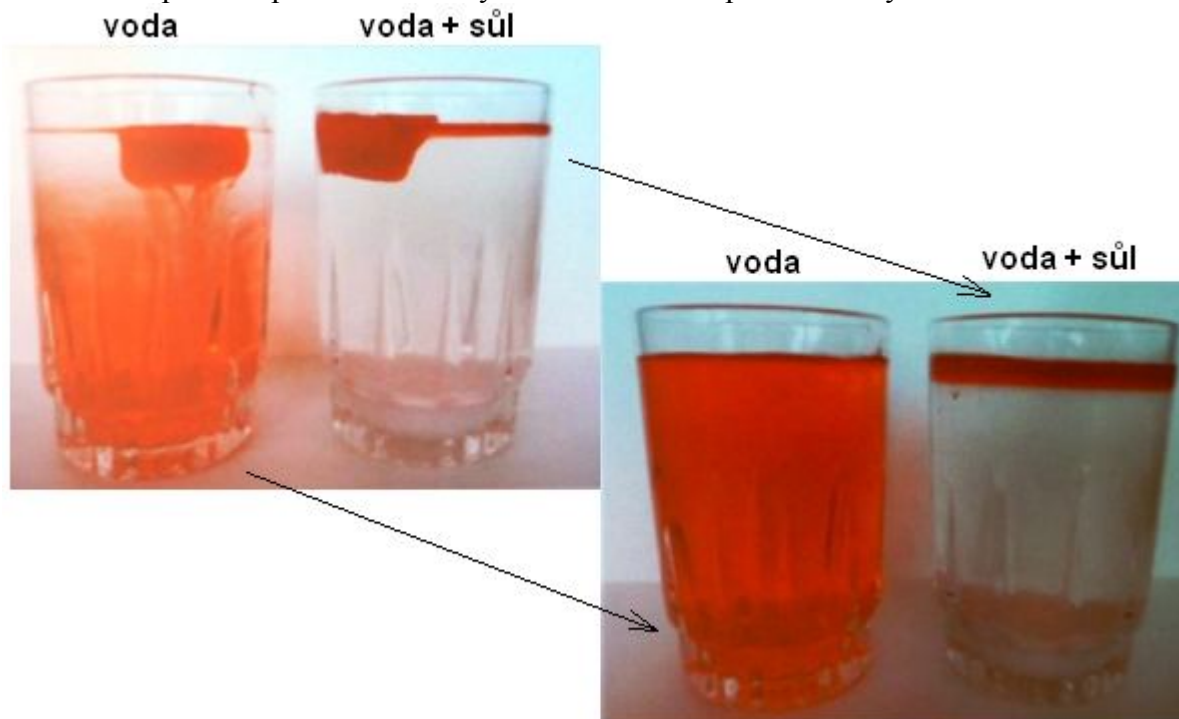


7. Z grafů **odečteme** teploty na začátku tání a po 800 sekundách tání u hladiny a u dna.
8. **Vyslovíme závěr.**

Doplňující otázky

1. Proč je v nádobě se solí na konci měření teplejší voda u dna?
2. Proč je v nádobě s vodou na konci měření teplejší voda u hladiny?
3. Proč v nádobě se solí tání probíhá pomaleji?

4. Proč v nádobě s vodou tání probíhá rychleji?
5. Zkus zopakovat pokus s obarvenými kostkami ledu potravinářským barvivem.



6. Místo soli zkus použít cukr. Bude to mít vliv na výsledek?

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 6.2 Tání	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i> Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

Rozpouštění kostky ledu (z neslané vody) ve slaném roztoku

Rozpouštění kostky ledu (z neslané vody) v neslaném roztoku

Rozpouštění kostky ledu (z neslané vody) ve slaném roztoku

- teplota kapaliny na konci měření u hladiny..... °C
- teplota kapaliny na konci měření u dna..... °C

Rozpouštění kostky ledu (z neslané vody) v neslaném roztoku

- teplota kapaliny na konci měření u hladiny..... °C
- teplota kapaliny na konci měření u dna..... °C

Závěr:

- a)** Proč je v nádobě se solí na konci měření teplejší voda u dna?

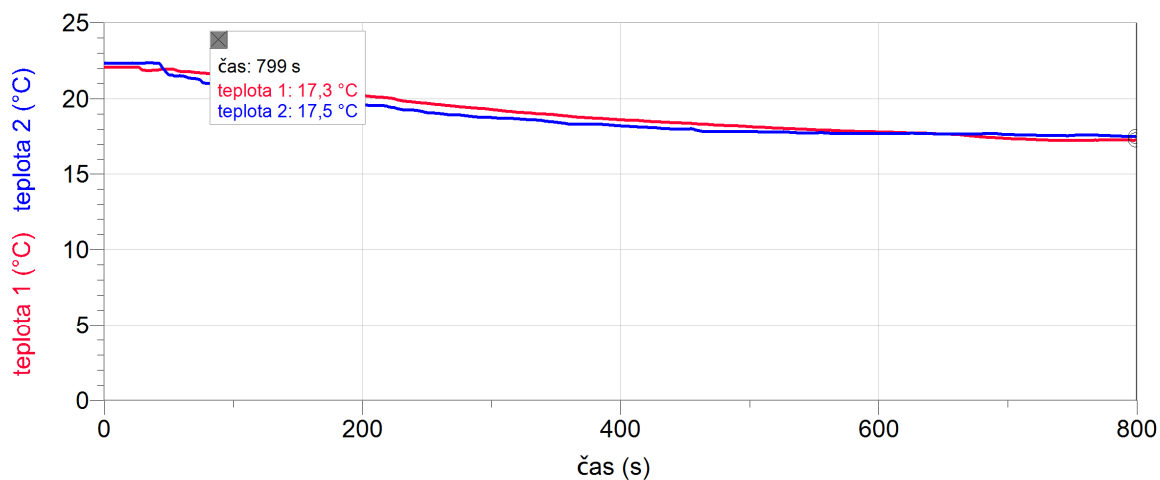
- b)** Proč je v nádobě s vodou na konci měření teplejší voda u hladiny?

- c)** Proč v nádobě se solí tání probíhá pomaleji?

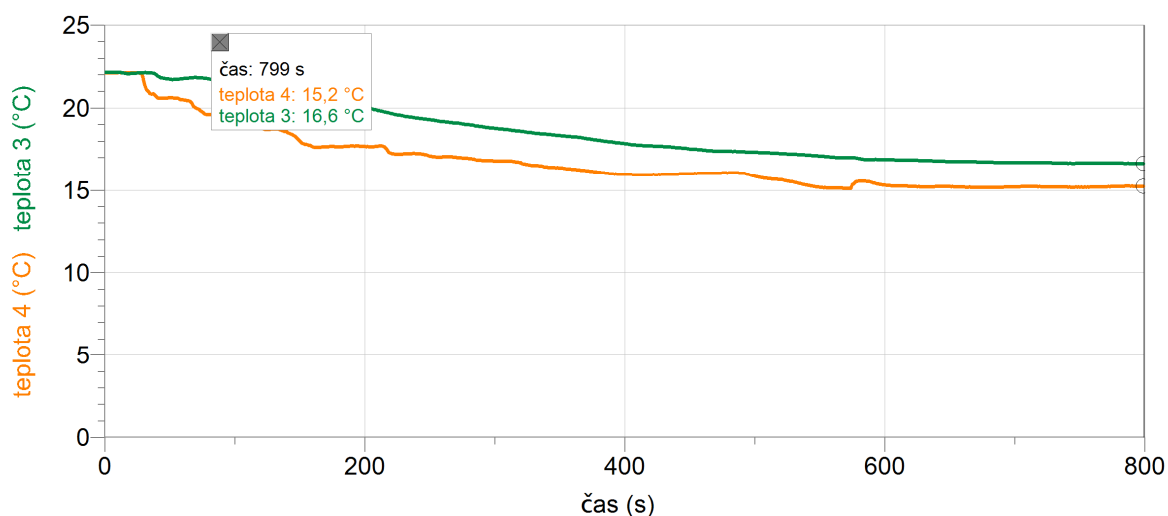
- d)** Proč v nádobě s vodou tání probíhá rychleji?

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 6.2 Tání	
Jméno:	Podmínky měření: Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

Rozpouštění kostky ledu (z neslané vody) ve slaném roztoku



Rozpouštění kostky ledu (z neslané vody) v neslaném roztoku



Rozpouštění kostky ledu (z neslané vody) ve slaném roztoku

- teplota kapaliny na konci měření u hladiny..... (červená křivka)
- teplota kapaliny na konci měření u dna..... (modrá křivka)

Rozpouštění kostky ledu (z neslané vody) v neslaném roztoku

- teplota kapaliny na konci měření u hladiny..... (zelená křivka)
- teplota kapaliny na konci měření u dna..... (žlutá křivka)

Závěr

Kostka ledu se ve slané vodě rozpouští pomaleji.

- a)** Proč je v nádobě se solí na konci měření teplejší voda u dna?

Slaná teplá voda má větší hustotu než studená slaná voda.

- b)** Proč je v nádobě s vodou na konci měření teplejší voda u hladiny?

Obyčejná teplá voda má menší hustotu než voda studená.

- c)** Proč v nádobě se solí tání probíhá pomaleji?

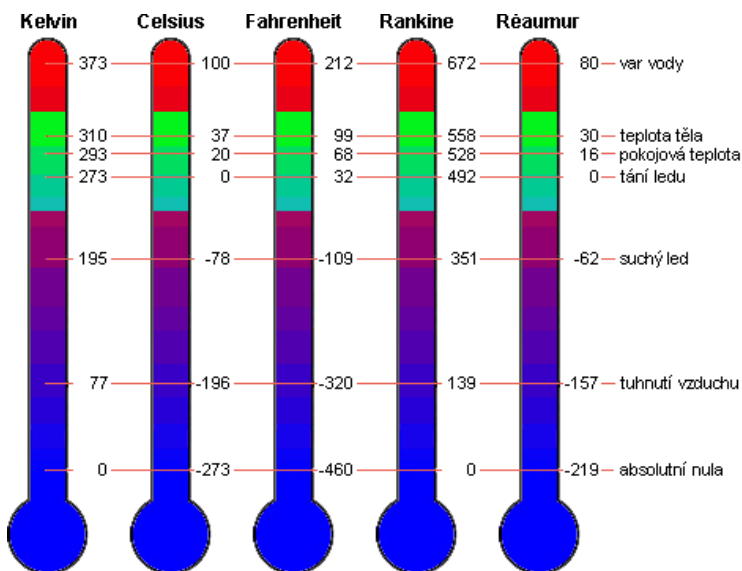
Studená slaná voda se drží u hladiny a teplá slaná voda klesá ke dnu, protože má větší hustotu.

- d)** Proč v nádobě s vodou tání probíhá rychleji?

Obyčejná teplá voda se drží u hladiny a studená klesá ke dnu, protože hustota studené vody je větší.

Fyzikální princip

Teplota je fyzikální veličina t , kterou používáme k popisu stavu tělesa (rychlost pohybu atomů). Jednotkou je Celsiův stupeň ($^{\circ}\text{C}$). Teplota tání ledu je 0°C . Bod varu vody je 100°C . Stupeň Fahrenheita ($^{\circ}\text{F}$) je jednotka teploty pojmenovaná po německém fyzikovi Gabrielu Fahrenheitu. Dnes se používá hlavně v USA.



Teplotu měříme **teploměrem**. Každý teploměr má svoji **relaxační dobu** - doba, která charakterizuje, za jak dlouho teploměr dosáhne rovnovážného stavu – měřené teploty.

Cíl

Určit **relaxační dobu** daného teploměru.

Pomůcky


LabQuest, teploměr TMP-BTA, teploměr STS-BTA, PET láhev.



Schéma



Postup

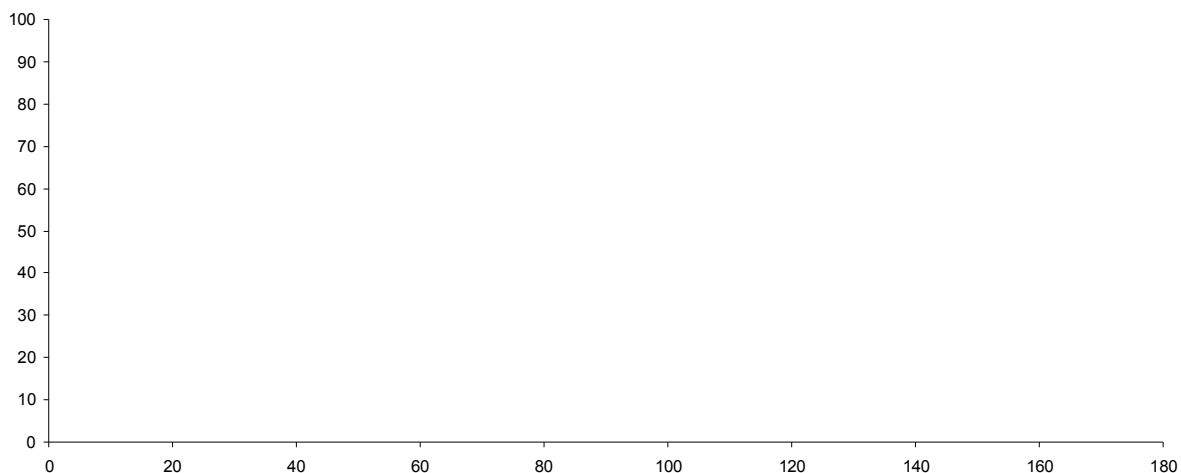
1. **Připojíme** teploměr STS-BTA do vstupu CH1 LabQuestu.
2. Do několika nádob z PET lahví připravíme vodu o různé teplotě – do první přidáme led a u ostatních postupně více a více horké vody z elektrovarné konvice.
3. **Zapneme** LabQuest a můžeme měřit teplotu. Nejdříve zkusíme odhadnout teplotu a potom ověříme pomocí teploměru teplotu různých těles:
 - a) vzduch v místnosti (u podlahy, uprostřed, u stropu);
 - b) vzduch na ulici;
 - c) teplá voda;
 - d) studená voda;
 - e) horká voda;
 - f) tající led;
 - g) tající led a sůl;
 - h) vařící voda;
 - i) teplota lidského těla;
 - j) teplota v chladničce (dole, nahoře, v mrazicím boxu);
 - k) ...
4. V menu Senzory – Záznam dat nastavíme Režim: Časová základna; Frekvence: 2 čtení/s; Trvání: 180 s.
5. Zvolíme zobrazení Graf .
6. **Stiskneme** tlačítko START (měření) na LabQuestu a vložíme teploměr do nádoby s horkou vodou. Provedeme analýzu grafu. O jakou funkci se jedná. Určíme **relaxační dobu**.
7. **Připojíme** teploměr TMP-BTA do vstupu CH1 LabQuestu. Zopakujeme body 4. až 6.

Doplňující otázky

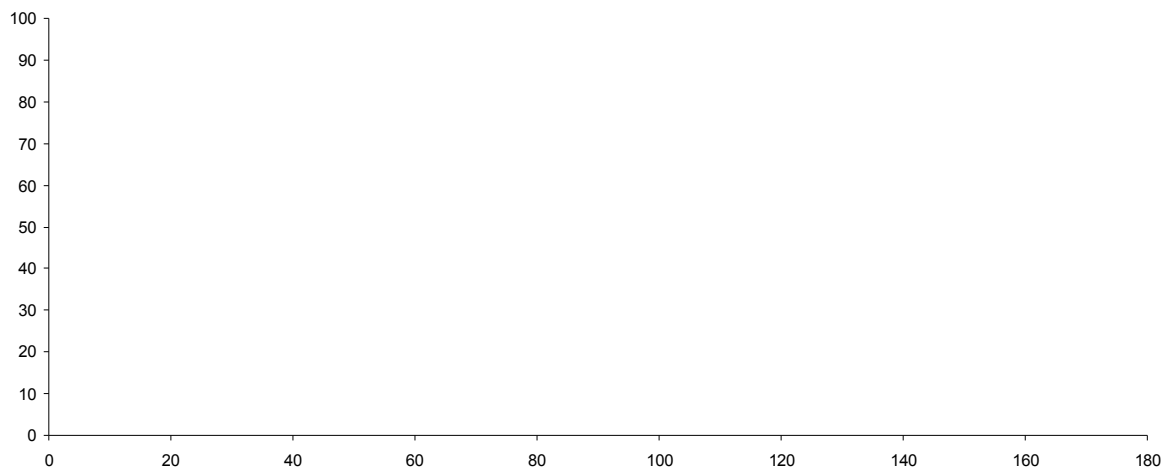
1. Vyzkoušíme jiný teploměr.
2. Změní se relaxační doba pro větší teplotní rozsah? Ověř měřením.
3. Zapiš rovnici růstu a poklesu teploty při ohřívání teploměru a při ochlazování teploměru. Jaká je to funkce?

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 6.3 Teplota. Relaxační doba	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i> Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

Teploměr STS-BTA



Teploměr TMP-BTA



O jakou funkci se jedná, pokud se teploměr zahřívá?

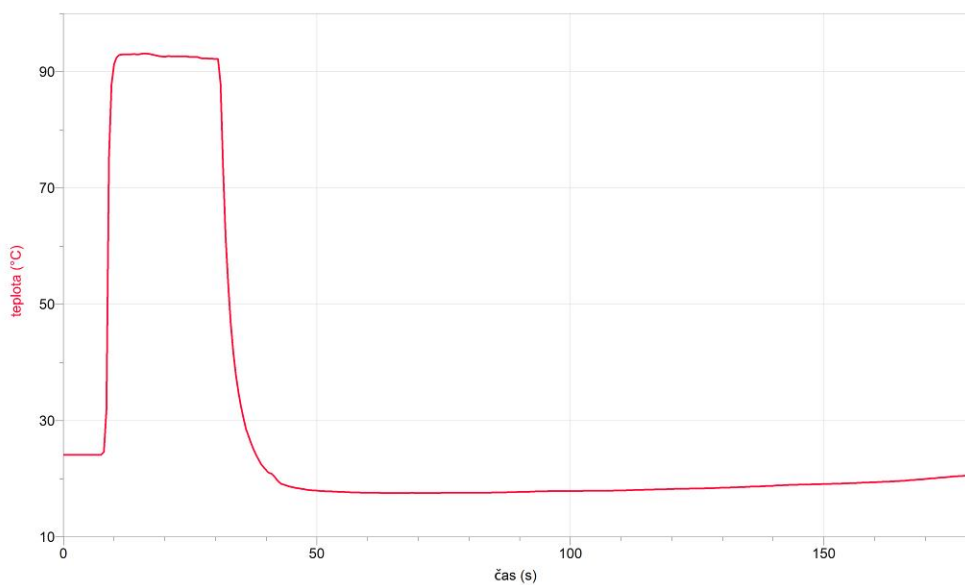
O jakou funkci se jedná, pokud se teploměr ochlazuje?

Relaxační doba teploměru STS-BTA je s.

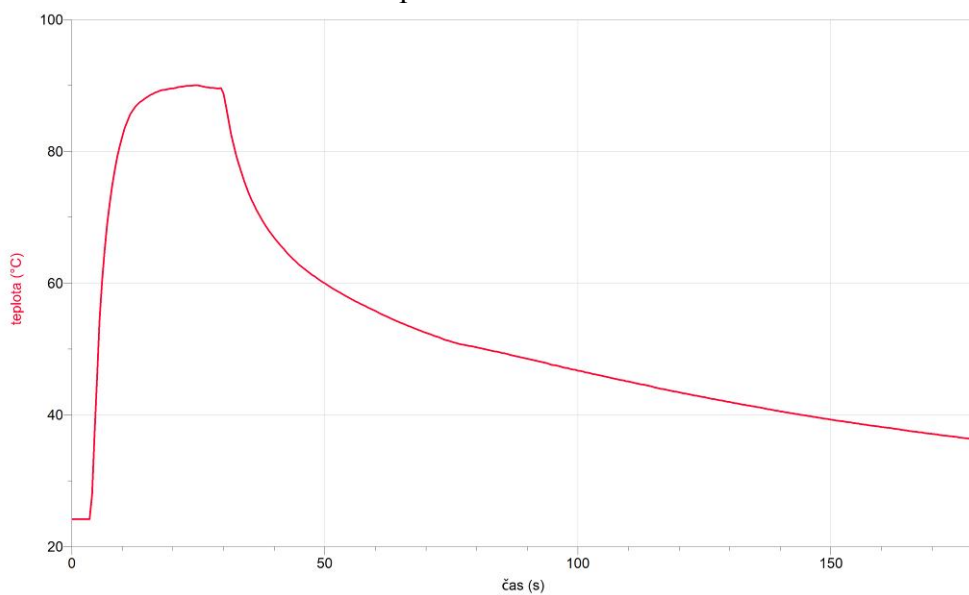
Relaxační doba teploměru TMP-BTA je s.

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 6.3 Teplota. Relaxační doba	
Jméno:	Podmínky měření:
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

Teploměr STS-BTA



Teploměr TMP-BTA



O jakou funkci se jedná, pokud se teploměr zahřívá?

Při zahřívání teploměru se jedná přibližně o funkci $y = -\frac{A}{x}$.

O jakou funkci se jedná, pokud se teploměr ochlazuje?

Při ochlazování teploměru se jedná přibližně o exponenciální funkci.

Relaxační doba teploměru STS-BTA je **3,5 s**.

Relaxační doba teploměru TMP-BTA je **18 s**.

Fyzikální princip

Při **izotermickém** ději s ideálním plynem stálé hmotnosti je tlak plynu **nepřímo úměrný** jeho objemu. $p \cdot V = \text{konst.}$ (Boylův-Mariottův zákon).

Cíl

Ověřit Boyleův-Mariottův zákon.

Pomůcky

LabQuest, senzor tlaku plynu GPS-BTA s příslušenstvím.



Schéma



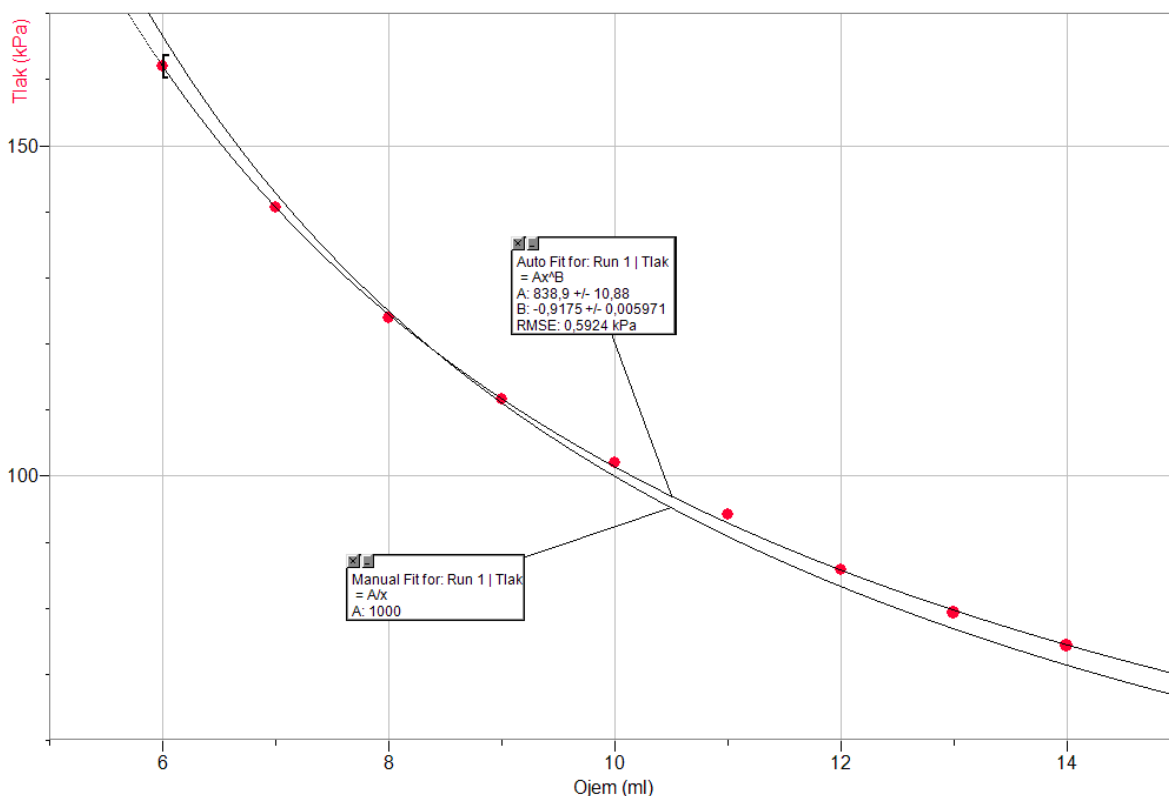
Postup

1. **Připojíme** senzor tlaku **BSP-BTA** do vstupu CH1 LabQuestu. Na injekční stříkačce z příslušenství senzoru **nastavíme** objem 10 ml. **Našroubujeme** injekční stříkačku na závit senzoru.
2. **Zapneme** LabQuest a v základním menu Sensory **zvolíme** Záznam dat... Nastavíme Režim: Události + hodnoty; Název: Objem; Jednotky: ml.
3. Zvolíme **okno Graf**. Na svislé ose je **tlak** a na vodorovné **objem**.

4. **Stiskneme** tlačítko START (měření) na LabQuestu. Objeví se nové tlačítko pro vložení události – objemu. **Stiskneme** toto tlačítko a **vložíme** objem 10 ml.
5. **Posuneme** píst injekční stříkačky na 9 ml a opakujeme vložení události. Pak postupně nastavujeme 8, 7, 6, 11, 12, 13, 14 a 15 ml.
6. V menu Analýza zvolíme Fitovat křivku - Tlak. Vybereme typ rovnice Mocnina.
7. Zapišeme si rovnici funkce $p = f(V)$ i s koeficienty.

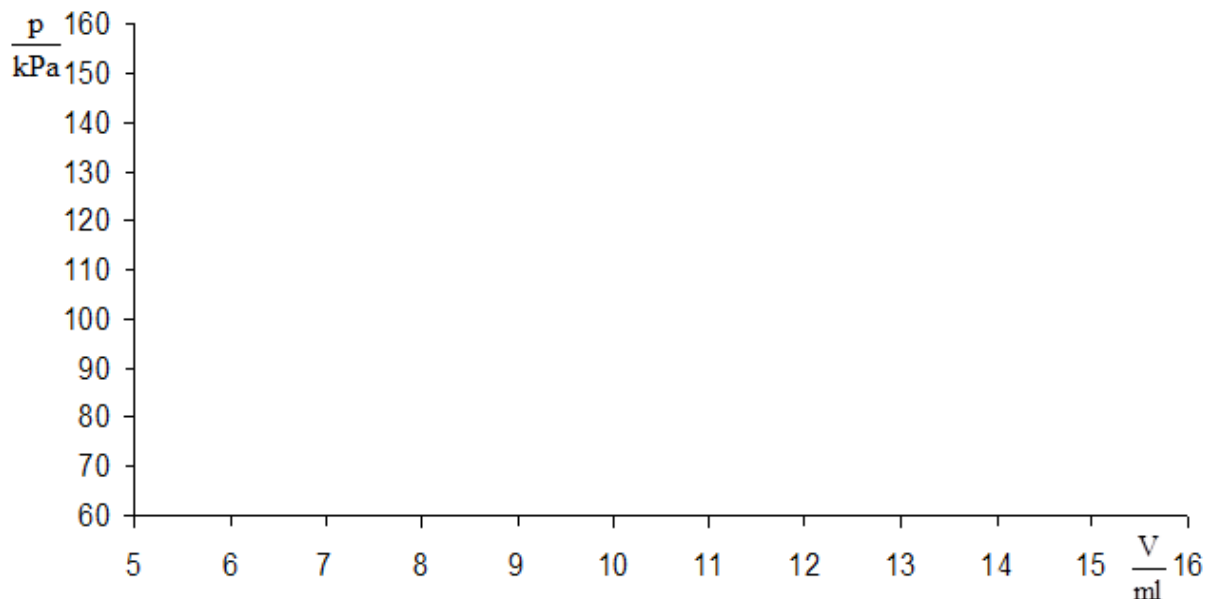
Doplňující otázky

1. Zvol v menu Analýza – Model – Tlak. Vyber rovnici model A/x (nepřímá úměrnost) a zadej $A = 1000$ (vyzkoušej vhodnou hodnotu). Zkus vysvětlit, proč se skutečný graf liší od modelu?



Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 6.4 Izotermický děj	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i> Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

1. Graf:



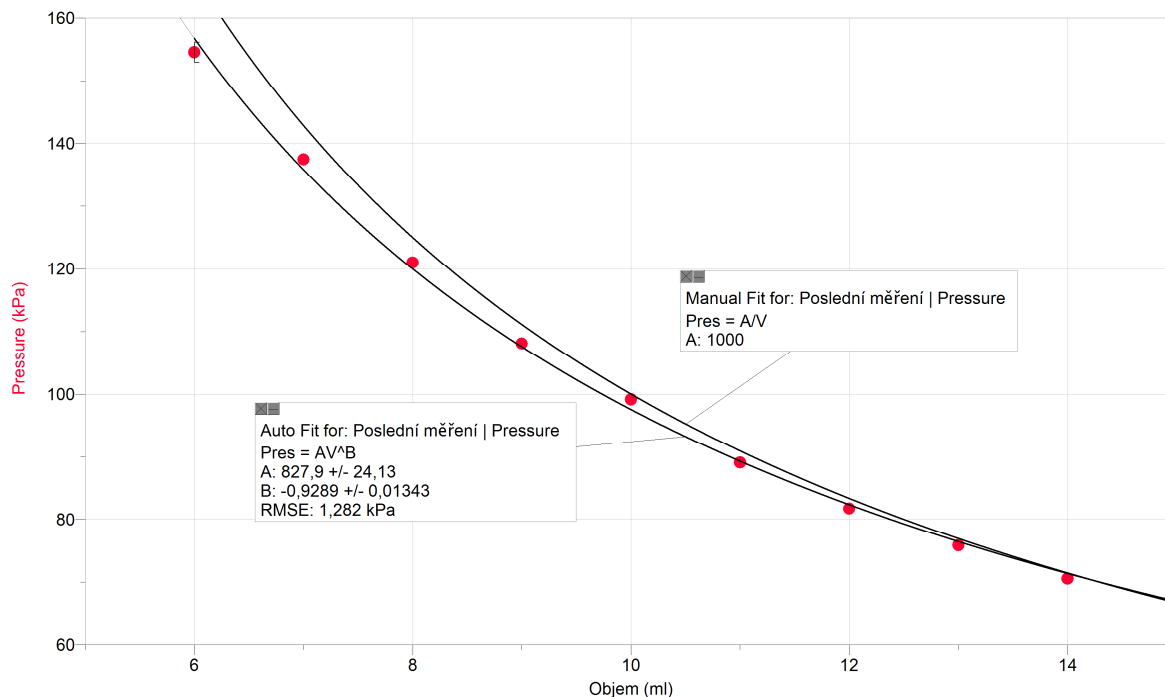
2. Zapište rovnici funkce $p = f(V)$ i s koeficienty:

Doplňující otázky:

1. Zvol v menu Analýza – Model – Tlak. Vyber rovnici model A/x (nepřímá úměrnost) a zadej $A = 1000$ (vyzkoušej vhodnou hodnotu). Zkus vysvětlit proč se skutečný graf liší od modelu?

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 6.4 Izotermický děj	
Jméno:	Podmínky měření:
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

1. Graf:



2. Zapište rovnici funkce $p = f(V)$ i s koeficienty: $p = 828V^{-0,929}$

Doplňující otázky:

2. Zvol v menu Analýza – Model – Tlak. Vyber rovnici model A/x (nepřímá úměrnost) a zadej A = 1000 (vyzkoušej vhodnou hodnotu). Zkus vysvětlit, proč se skutečný graf liší od modelu?

Skutečný graf se liší od modelu, protože se nejedná o ideální plyn.

Fyzikální princip

Při **izochorickém** ději s ideálním plynem stálé hmotnosti je tlak plynu **přímo úměrný** jeho termodynamické teplotě. $p = \text{konst} \cdot T$.

Cíl

Ověřit Charlesův zákon.

Pomůcky

LabQuest, senzor tlaku plynu GPS-BTA s příslušenstvím, teploměr TMP-BTA, baňka, PET láhve.



Schéma



Postup

1. **Připojíme** senzor tlaku BSP-BTA do vstupu CH1 a teploměr TMP-BTA do vstupu CH2 LabQuestu. Připojíme senzor tlaku BSP-BTA pomocí hadičky a špuntu k baňce. Do

několika nádob z PET lahví připravíme vodu o různé teplotě – do první přidáme led a u ostatních postupně více a více horké vody z elektrovarné konvice.

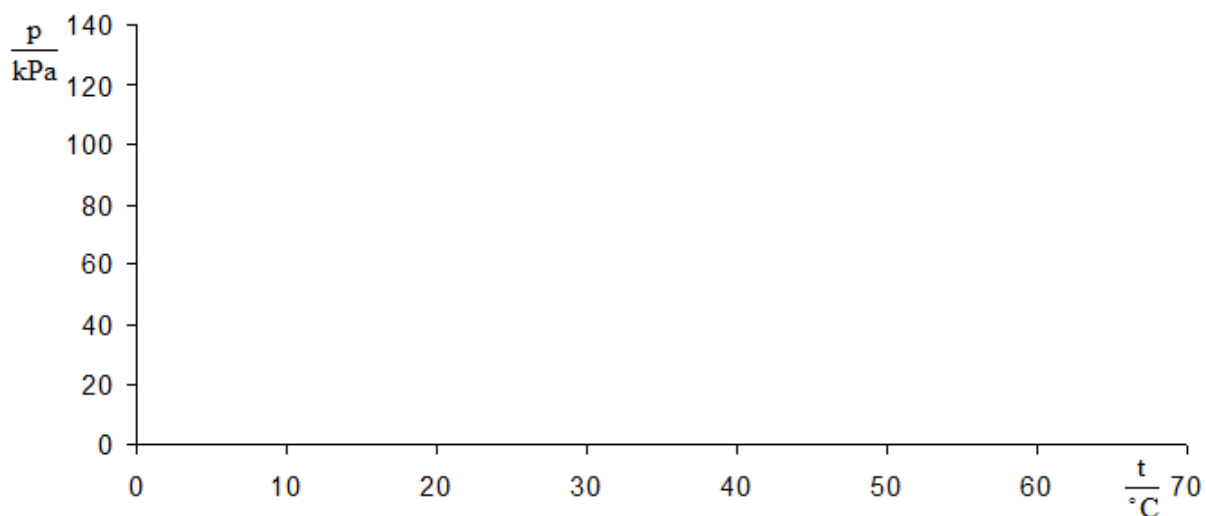
2. **Zapneme** LabQuest a v základním menu Senzory **zvolíme** Záznam dat... Nastavíme Režim: Události + hodnoty.
3. Zvolíme **okno Graf**. Na svislé ose je **tlak** a na vodorovné **teplota**.
4. **Stiskneme** tlačítko START (měření) na LabQuestu. Objeví se nové tlačítko pro vložení události. Vložíme baňku i s teploměrem do nádoby s nejstudenější vodou. Počkáme, až nastane rovnovážný stav. **Stiskneme** tlačítko pro vložení měřené události. Potvrdíme OK.(hodnotu události není potřeba vkládat). Pokračujeme postupně vložím baňky a teploměru do nádoby s teplejší vodou a opakujeme tento bod.
5. **Ukončíme měření**.
6. V menu Analýza zvolíme Fitovat křivku - Tlak. Vybereme typ rovnice : Lineární.
7. Závěr: Zapišeme si rovnici funkce $p = f(T)$ i s koeficienty.

Doplňující otázky

1. Z rovnice urči průsečík s osou x . Dostaneš tím hodnotu absolutní nuly ($0 \text{ K} = -273,15 \text{ °C}$) - přibližně. Uvažuj, proč tato hodnota nevychází přesně?
2. Vyzkoušej si měření jiným způsobem: Nachystej si studenou vodu do kádinky (nebo přímo do elektrovarné konvice). Dej pozor aby se teploměr nebo baňka nedotýkala spirály konvice. V menu Záznam dat zvolíme režim: Časová základna; Frekvence: 1 čtení/s; Trvání: 180 s. Zvolíme **okno Graf**. Na svislé ose je **tlak** a na vodorovné **teplota**. Zapneme konvici a stiskneme tlačítko START na LabQuestu. Jakmile skončí ohřívání (konvice vypne), zastavíme měření.
3. V menu Analýza zvolíme Fitovat křivku - Tlak. Vybereme typ rovnice : Lineární.
4. Zapišeme si rovnici funkce $p = f(T)$ i s koeficienty.

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 6.5 Izochorický děj	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i> Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

1. Graf:

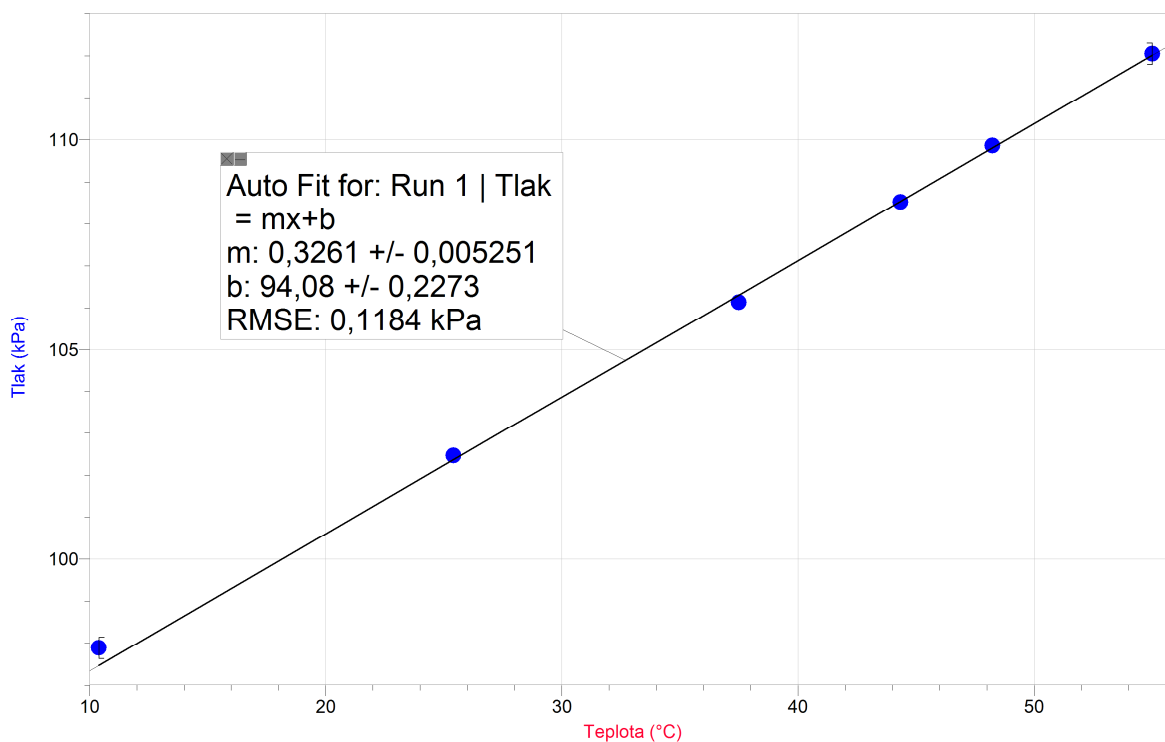


2. Zapište rovnici funkce $p = f(T)$ i s koeficienty:

3. Z rovnice urči průsečík s osou x . Dostaneš tím hodnotu absolutní nuly ($0 \text{ K} = -273,15^{\circ}\text{C}$) - přibližně. Uvažuj, proč tato hodnota nevychází přesně?

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 6.5 Izochorický děj	
Jméno:	Podmínky měření: Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

1. Graf:



2. Zapište rovnici funkce $p = f(T)$ i s koeficienty:

$$p = 0,326(T - 273,15) + 94$$

3. Z rovnice urči průsečík s osou x . Dostaneš tím hodnotu absolutní nuly ($0 \text{ K} = -273,15^\circ\text{C}$) - přibližně. Uvažuj, proč tato hodnota nevychází přesně?

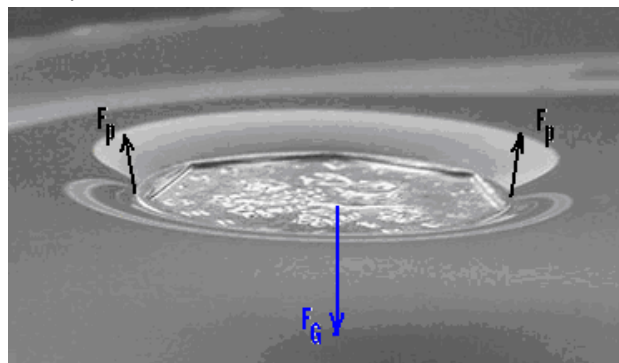
$$p = 0 \text{ Pa} \Rightarrow 0 = 0,326(T - 273,15) + 94 \Rightarrow T = -15,2 \text{ K}$$

Tato hodnota nevychází přesně, protože se nejedná o ideální plyn.

Fyzikální princip

Fyzikální veličina, která popisuje vlastnosti povrchové blány, se nazývá **povrchové napětí**. Čím je povrchové napětí větší, tím snáze se na jeho povrchu mohou udržet různá tělesa. Hodnoty povrchového napětí lze nalézt v tabulkách. Povrchové napětí rtuti je $7 \times$ větší než povrchové napětí vody, které je $2-3 \times$ větší než povrchové napětí lihu či petroleje.

Na okraji povrchové blány působí molekuly kapaliny **povrchovou silou** F , která je kolmá na tento okraj a její směr leží v povrchu kapaliny. Podíl velikosti povrchové síly F a délky l okraje povrchové blány je **povrchové napětí** σ . Platí $\sigma = \frac{F}{l}$.

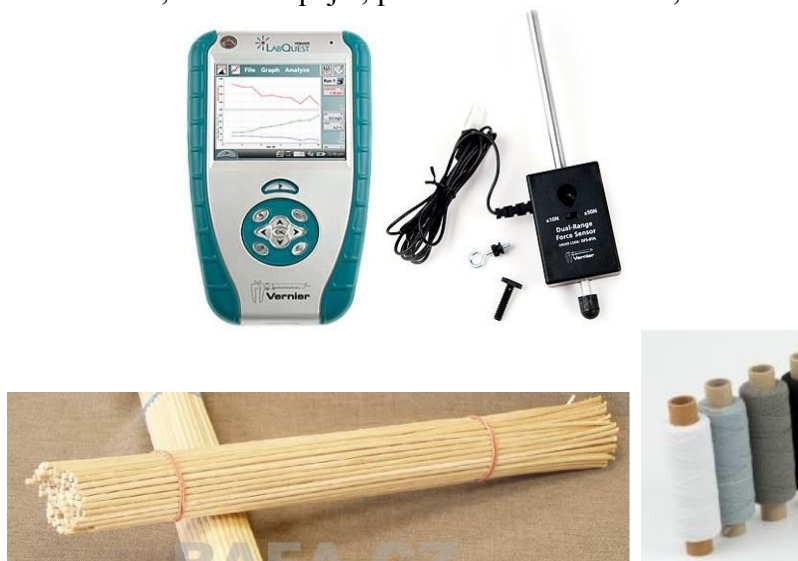


Cíl

Určit přibližně velikost povrchové síly F_p a povrchového napětí σ .

Pomůcky


LabQuest, siloměr DFS-BTA, dřevěná špejle, plochá nádoba s vodou, nit.

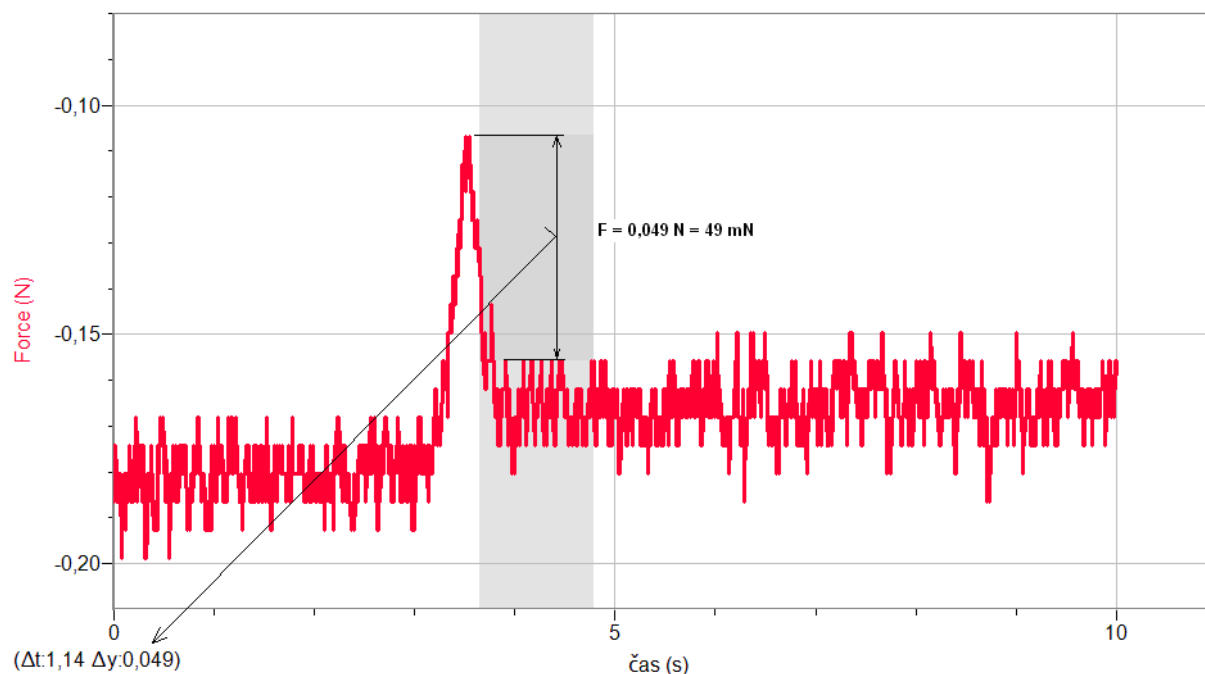


Schéma



Postup

1. Siloměr DFS-BTA zapojíme do CH 1 LabQuestu.
2. Zapneme LabQuest.
3. Nastavíme v menu Senzory – Záznam dat: Trvání: 10 s, Frekvence: 20 čtení/s. Zvolíme zobrazení Graf .
4. Na siloměr zavěšíme špejli o délce 30 cm na niti (viz schéma). Špejli položíme na hladinu kapaliny (vody).
5. **Stiskneme** tlačítko START (měření) na LabQuestu. Táhneme siloměrem špejli z povrchu kapaliny.



6. Z grafu odečteme rozdíl maximální hodnoty síly (kdy dochází k odtržení špejle z povrchu kapaliny) a síly kdy špejle visí na niti – viz obrázek.
7. **Vypočítáme poměr** této síly a dvojnásobku délky špejle (délka okraje povrchové blány), což je hodnota povrchového napětí σ (N/m).

Doplňující otázky

1. Provedeme měření pro jiné kapaliny (láh, ...). Případně pro jiné délky špejlí.
2. Ze špejlí můžeme slepit mřížku, která zvětší délku okraje povrchové blány a tím i přesnost měření.

Fyzikální princip

Mechanický oscilátor je zařízení, které volně, bez vnějšího působení kmitá. Kmit je periodicky se opakující část kmitavého pohybu, doba jeho trvání je **perioda** T a počet kmitů za jednotku času je **frekvence** $f = T^{-1}$. Periodu T a frekvenci f vlastního kmitání oscilátoru určíme:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}, f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} \quad (m \text{ je hmotnost a } k \text{ je tuhost). \text{ Tuhost pružiny } k \text{ je definována}$$

vztahem $k = \frac{F_p}{\Delta l}$.

Cíl

Určit **tuhost** k pružiny. Určit **periodu** T mechanického oscilátoru.

Pomůcky



LabQuest, siloměr DFS-BTA, těleso (závaží), pružina, stojan, metr.

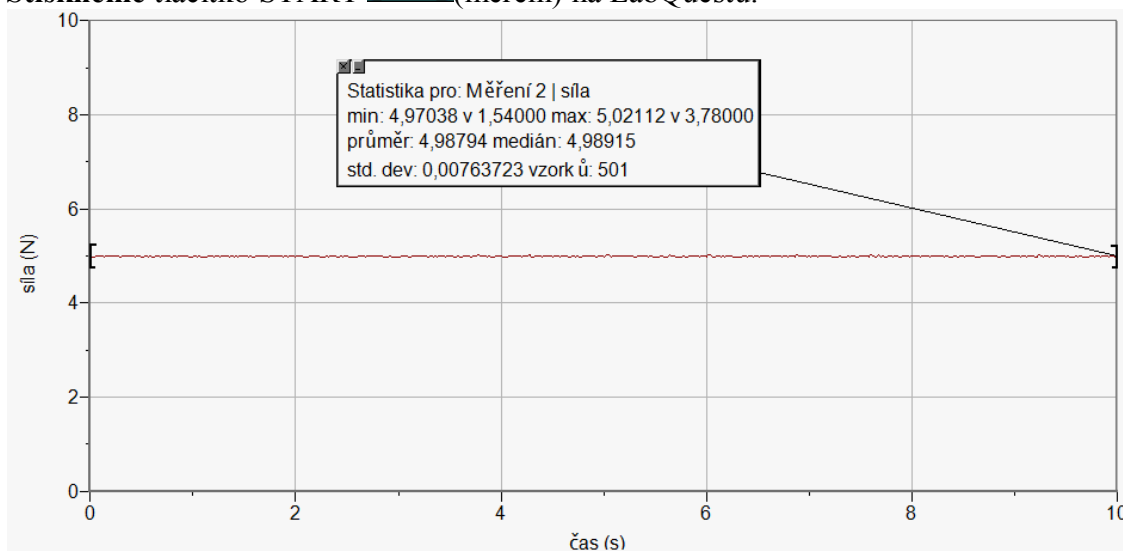



Schéma

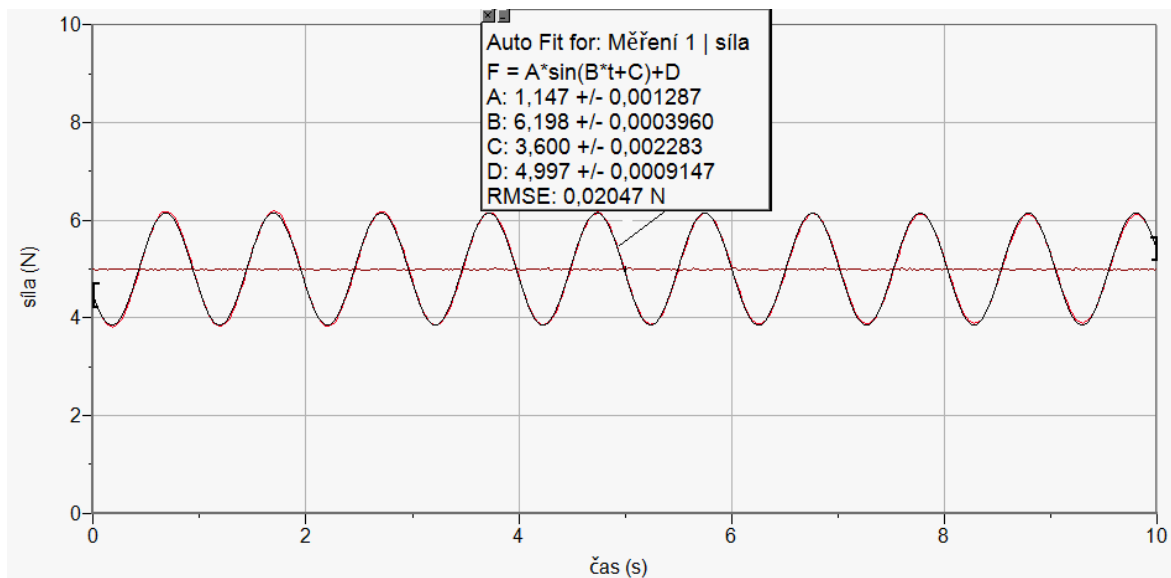


Postup

1. Siloměr DFS-BTA upevníme na stativ (podle schéma) a zapojíme do CH 1 LabQuestu.
2. Zapneme LabQuest. Na siloměr zavěsíme pružinu.
3. Vynulujeme siloměr v menu Sensory – Vynulovat.
4. Nastavíme v menu Sensory – Záznam dat: Trvání: 10 s, Frekvence: 50 čtení/s. Zvolíme zobrazení Graf .
5. Na siloměr zavěsíme těleso (závaží). Těleso je v klidu.
6. **Stiskneme tlačítko START**  (měření) na LabQuestu.








7. Z grafu odečteme tíhovou sílu F_G pomocí menu Analýza – Statistika. Určíme hmotnost tělesa. Ověříme na digitálních vahách.
8. Uvedeme těleso do kmitavého pohybu.
9. **Stiskneme tlačítko START**  (měření) na LabQuestu. **Provedeme** analýzu grafu – menu Analýza – Fitovat křivku – Typ rovnice (nebo soubor nahrajeme do PC a v programu LoggerPro provedeme analýzu).



10. Z úhlové rychlosti ω (koeficient B) vypočítáme periodu T .

Doplňující otázky

1. Určete tuhost pružiny k :
 - a) Na siloměr zavěsíme pružinu.
 - b) Vyznačíme na pozadí (tabule) konec pružiny „značku – 0 cm“. Dále si pomocí pravítka vyznačíme značky 5, 10, 15, 20, ...cm.
 - c) V menu Senzory – Záznam dat nastavíme Režim: Události + Hodnoty; Název: Prodloužení; Jednotky: cm.
 - d) Vynulujeme siloměr v menu Senzory – Vynulovat.
 - e) Zvolíme zobrazení Graf .
 - f) Stiskneme tlačítko START  (měření) na LabQuestu.
 - g) Stiskneme tlačítko  (zachovat).
 - h) Do textového okénka vložíme hodnotu **0 cm** a stiskneme OK.
 - i) Prodloužíme pružinu o 5 cm.
 - j) Stiskneme tlačítko  (zachovat).
 - k) Do textového okénka vložíme hodnotu **5 cm** a stiskneme OK.
 - l) Opakujeme body i), j) a k) pro **10, 15, 20, ...cm**.
 - m) Stiskneme tlačítko  (ukončit měření).
 - n) Provedeme analýzu grafu – menu Analýza – Fitovat křivku – Typ rovnice: Přímá úměrnost.
 - o) Z grafu určíme tuhost pružiny k – je směrnice polopřímky A vynásobená 100 (protože l jsme zadávali v cm).
 - p) Vypočítáme periodu T kmitání oscilátoru z hmotnosti m a tuhosti k .
2. Opakujeme pro jiné závaží nebo jinou pružinu.

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 6.7 Mechanický oscilátor	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i> Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

1. Graf:

Těleso zavěšené na pružině (nekmitá)...zjistíme velikost tíhové síly, která působí na těleso

$$F_G = \dots\dots\dots \text{ N} \quad \Rightarrow \quad m = \dots\dots\dots \text{ kg}$$

Těleso uvedené do kmitavého pohybu

2. Z úhlové rychlosti ω (koeficient B) vypočítáme periodu T

$$B = \omega = \frac{2\pi}{T} \quad \Rightarrow \quad T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{B}$$

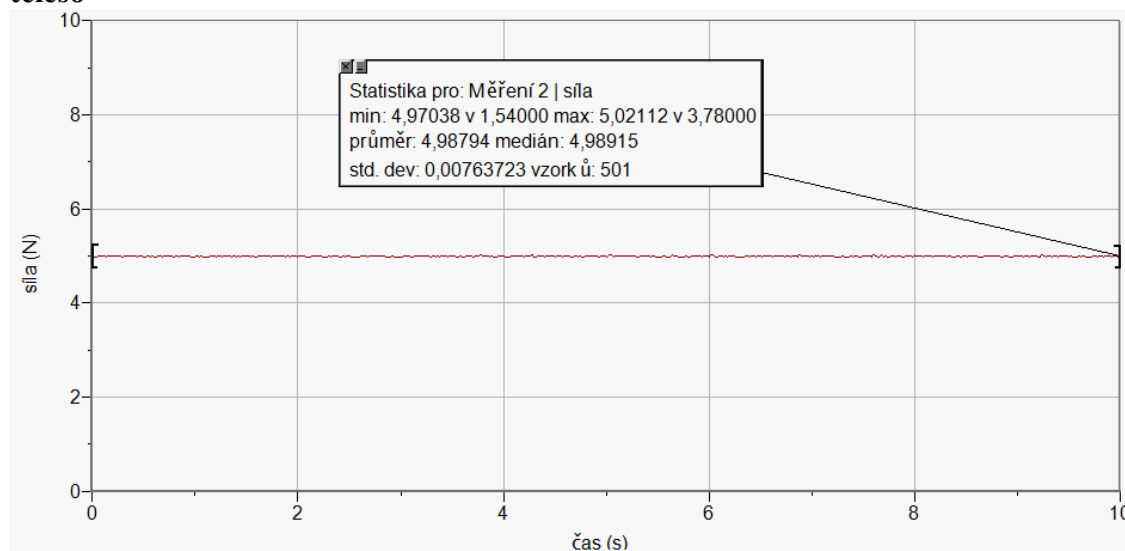
$T = \dots\dots\dots \text{ s}$

3. Perioda kmitavého pohybu u daného oscilátoru má velikost $\dots\dots\dots \text{ s}$.

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 6.7 Mechanický oscilátor	
Jméno:	Podmínky měření:
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

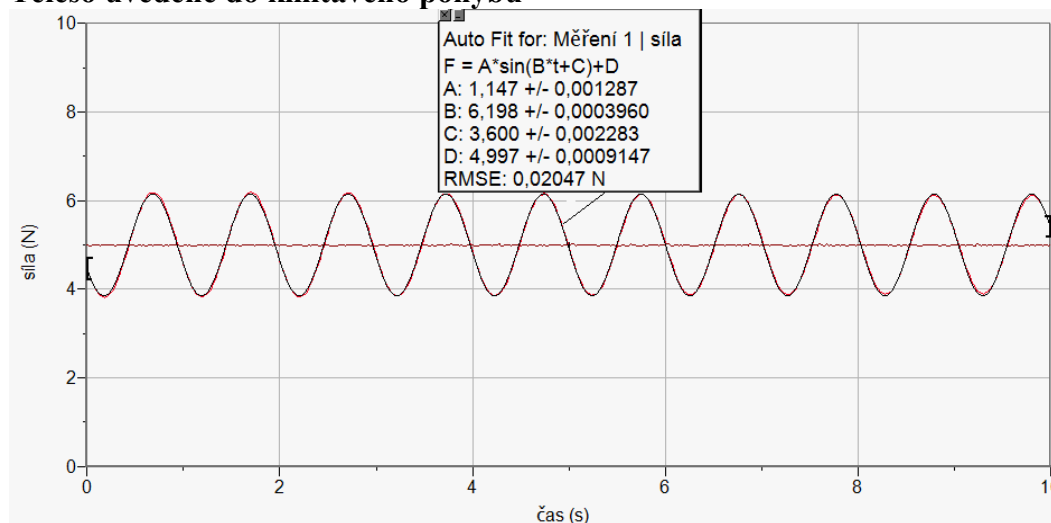
1. Graf:

Těleso zavěšené na pružině (nekmitá)...zjistíme velikost tíhové síly, která působí na těleso



$$F_G = 5 \text{ N} \quad \Rightarrow \quad m = 0,5 \text{ kg}$$

Těleso uvedené do kmitavého pohybu



2. Z úhlové rychlosti ω (koeficient B) vypočítáme periodu T

$$B = \omega = \frac{2\pi}{T} \quad \Rightarrow \quad T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{B}$$

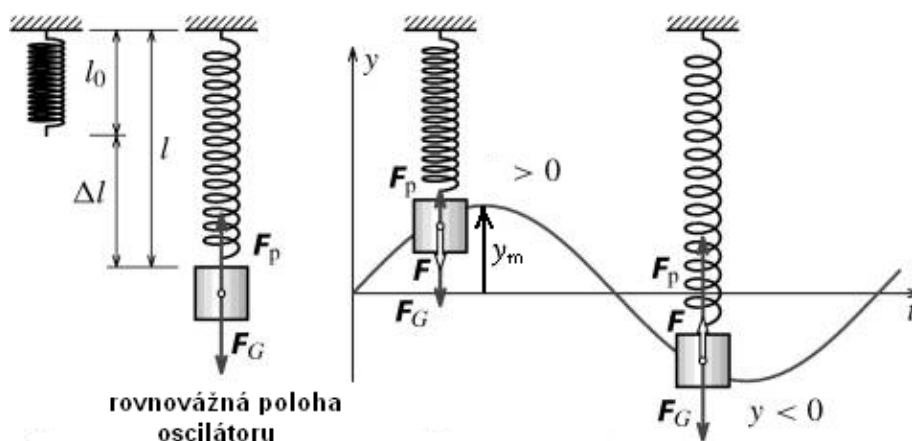
$$T = 1,01 \text{ s}$$

3. Perioda kmitavého pohybu u daného oscilátoru má veľikost 1,01 s.

Fyzikální princip

Harmonický **kmitavý pohyb** je nejjednodušší periodický pohyb. Kinematické veličiny harmonického kmitání, jehož počáteční fáze je nulová, vyjadřují **rovnice**:

Veličina	Rovnice	Amplituda
y	$y = y_m \sin \omega t$	y_m
v	$v = v_m \cos \omega t$	$v_m = \omega y_m$
a	$a = - a_m \sin \omega t = - \omega^2 y$	$a_m = \omega^2 y_m$

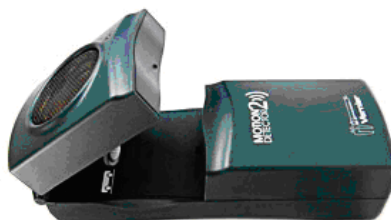


Cíl

Změřit časové diagramy kinematických veličin kmitavého pohybu. Určit rovnice výchylky, rychlosti a zrychlení kmitavého pohybu. Určit periodu kmitání.

Pomůcky


LabQuest, senzor polohy a pohybu MD-BTD, pružinu, těleso (závaží).

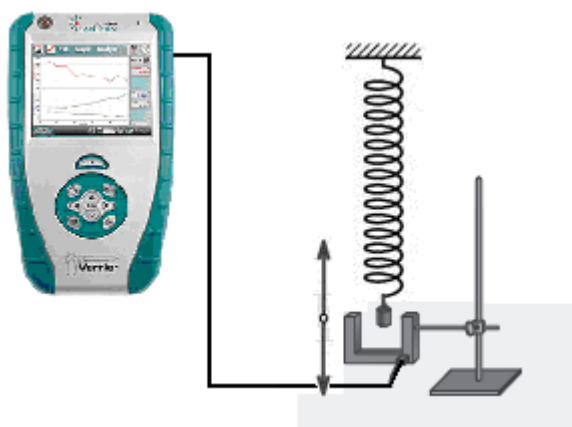


Schéma



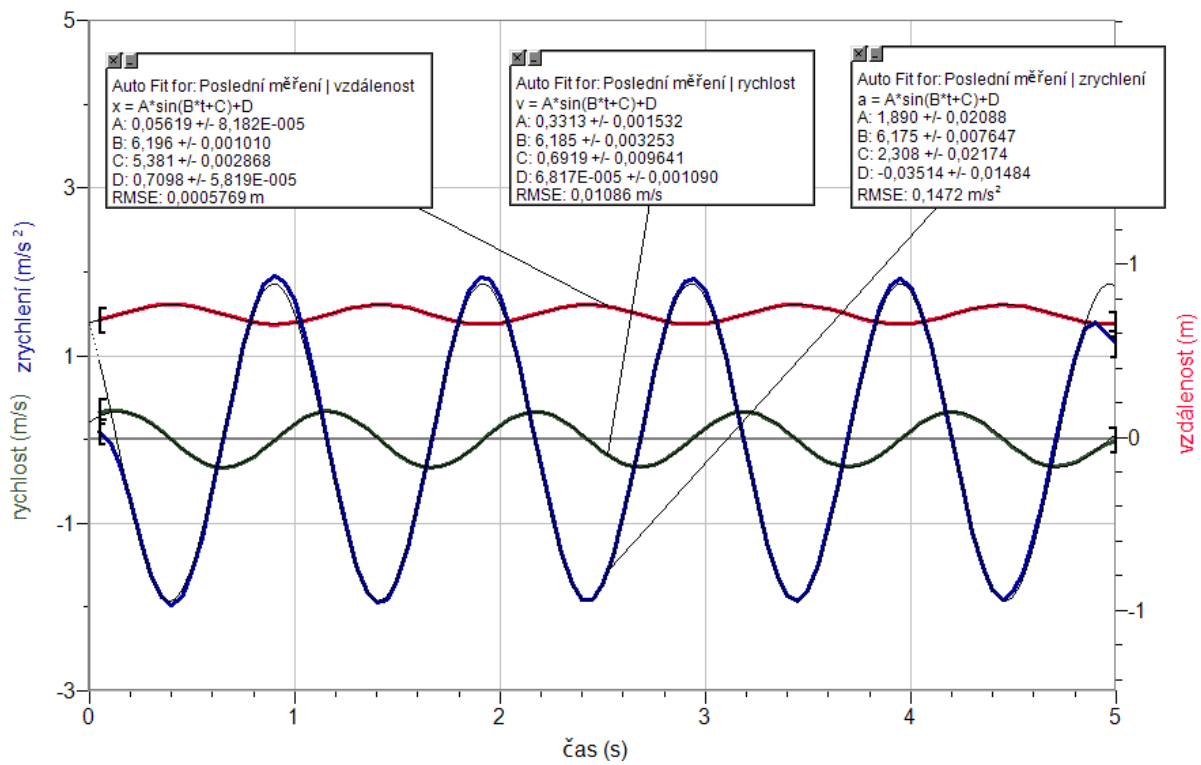
Postup

1. Senzor polohy a pohybu MD-BTD zapojíme do konektoru DIG 1 LabQuestu. Na pružinu zavěšíme závaží.
2. Zapneme LabQuest.
3. Nastavíme v menu Sensory – Záznam dat: Trvání: 10 s, Frekvence: 20 čtení/s. Zvolíme zobrazení Graf .
4. Uvedeme závaží do kmitavého pohybu. **Stiskneme** tlačítko START (měření) na LabQuestu.
5. Po skončení měření uložíme soubor.
6. Vložíme naměřený soubor do programu LoggerPro. V menu Analýza – Proložit křivku vložíme do časových diagramů **výchylky**, **rychlosti** a **zrychlení** kmitavého pohybu křivku – sinusoidu.
7. Zapišeme rovnice výchylky, rychlosti a zrychlení kmitavého pohybu. Z rovnic určíme periodu kmitání.
8. Určenou periodu můžeme ověřit pomocí **stopek** nebo **optické závory**.



Doplňující otázky

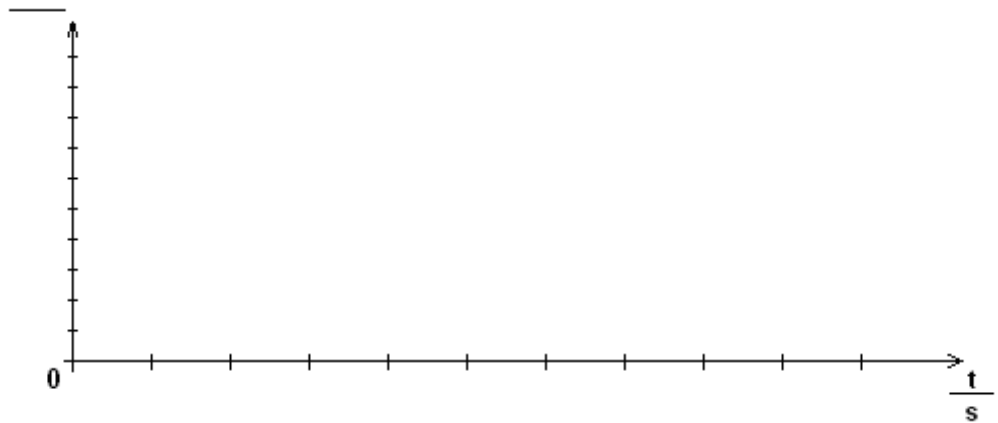
1. Z časových diagramů určete: počáteční fáze, fázový rozdíl, amplitudy, frekvenci, periodu.
2. Ověř, že stejné rovnice platí pro kyvadlo.
3. V menu Sensory – Záznam dat nastav: Trvání: 180 s. Ověř měřením, že u skutečného oscilátoru vzniká **tlumené kmitání**. Na těleso (závaží) můžeš magnetem připojit kruh z papíru, který zvětší odporovou sílu a tím zvětší tlumení oscilátoru.
4. Kde se využívá **tlumení** v praxi?



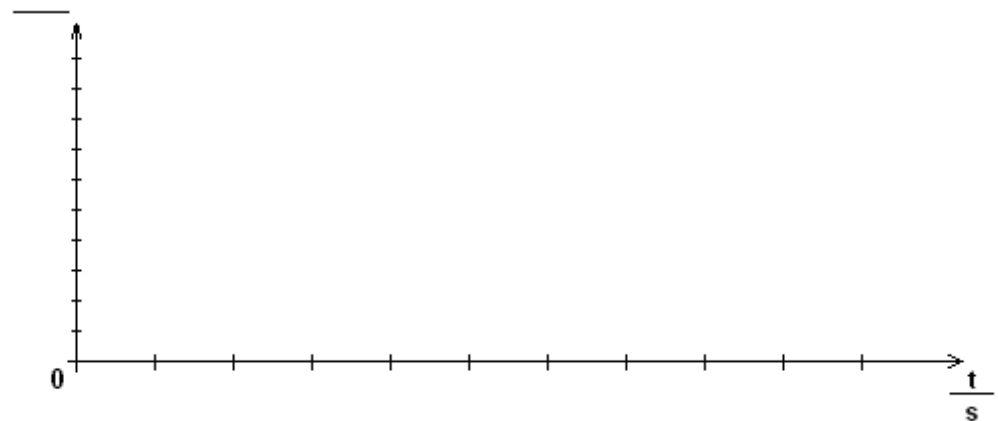
Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 6.8 Rychlost a zrychlení kmitavého pohybu	
Jméno:	Podmínky měření:
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

1. Grafy:

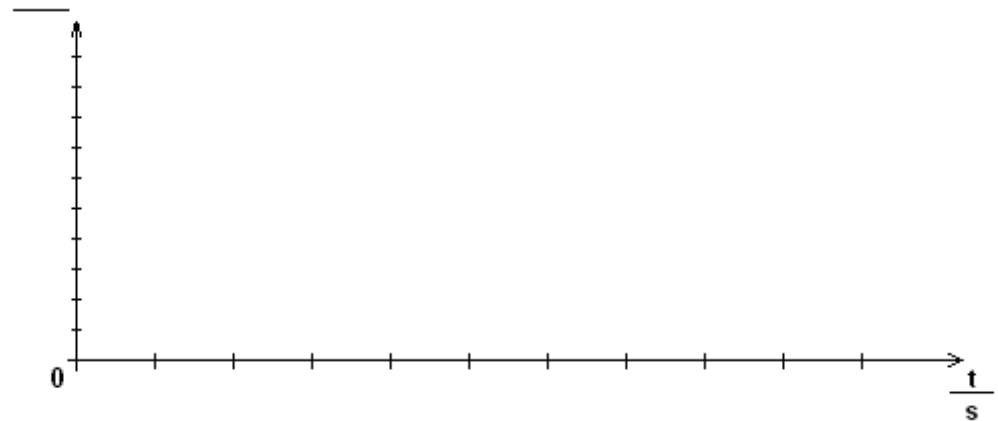
a) výchylky



b) rychlosti



c) zrychlení



2. Rovnice:

a) výchylky

- $y =$
 b) rychlosti $v =$
 c) zrychlení $a =$

3. Amplituda, frekvence, perioda:

- a) $y_m =$
 b) $v_m =$
 c) $a_m =$
 d) $\omega =$
 e) $f =$
 f) $T =$

4. Výpočet periody z k a m :

$k =$

$m =$

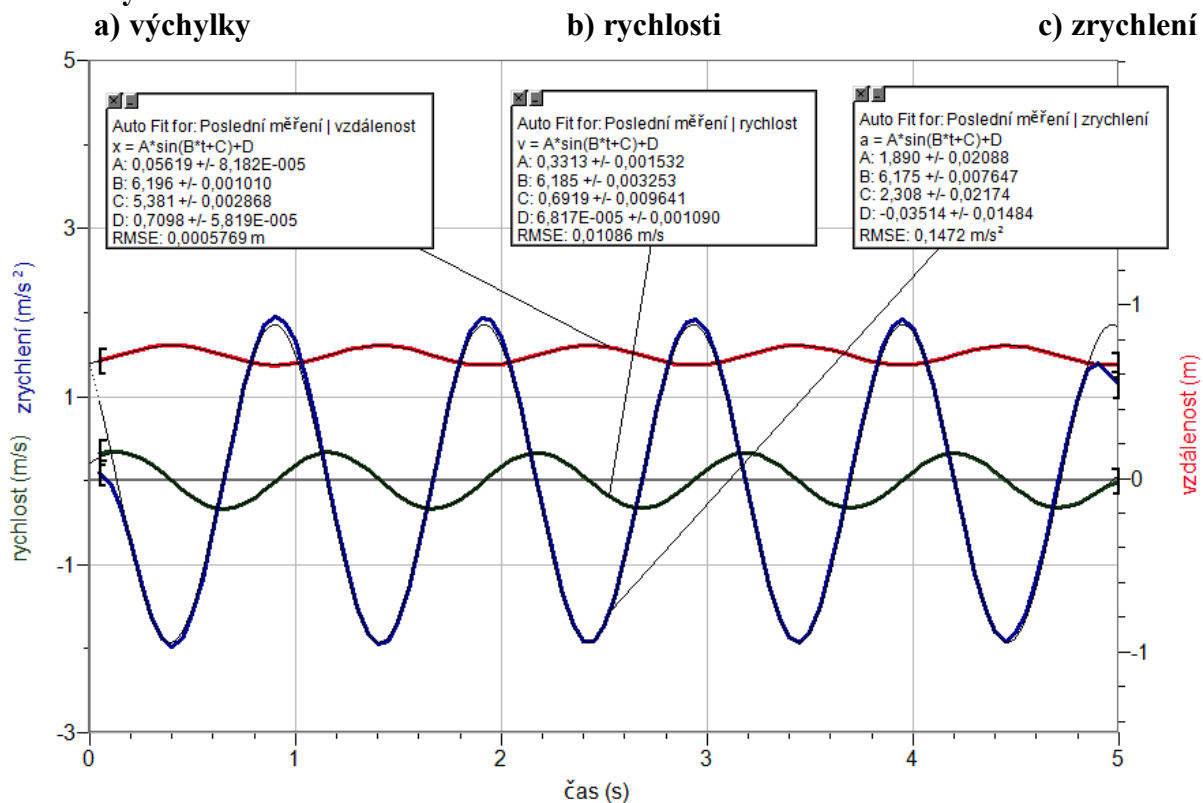
$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}} = \dots$$

5. Fázové posunutí mezi:

- a) výchylkou a rychlostí $\Delta\varphi = \dots \dots \dots \text{ rad}$
 b) výchylkou a zrychlením $\Delta\varphi = \dots \dots \dots \text{ rad}$

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 6.8 Rychlost a zrychlení kmitavého pohybu	
Jméno:	Podmínky měření:
Třída:	Teplota: 24 °C
Datum:	Tlak: 1001 hPa
Spolupracovali:	Vlhkost: 48 %

1. Grafy:



2. Rovnice:

a) výchylky

$$y = 0,0562 \cdot \sin(6,196 \cdot t + 5,381)$$

b) rychlosti

$$v = 0,331 \cdot \sin(6,196 \cdot t + 0,692)$$

c) zrychlení

$$a = 1,89 \cdot \sin(6,196 \cdot t + 2,308)$$

3. Amplituda, frekvence, perioda:

a) $y_m = 0,0562 \text{ m} = 5,62 \text{ cm}$

b) $v_m = 0,331 \text{ m/s}$

c) $a_m = 1,89 \text{ m/s}^2$

d) $\omega = 6,196 \text{ rad/s}$

e) $f = 0,986 \text{ Hz}$

f) $T = 1,014 \text{ s}$

4. Výpočet periody z k a m :

$$k = 0502 \cdot 9,81 / 0,26 = 18,94 \text{ N/m}$$

$$m = 0,502 \text{ kg}$$

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}} = 1,0229 \text{ s}$$

5. Fázové posunutí mezi:

a) výchylkou a rychlostí $\Delta\varphi = -0,746 \text{ rad}$

b) výchylkou a zrychlením $\Delta\varphi = -3,073 \text{ rad}$

Fyzikální princip

Matematické kyvadlo, jako model mechanického oscilátoru, má podobu malého tělesa (hmotného bodu) zavěšeného na pevném vlákně zanedbatelné hmotnosti a konstantní délky l .

Pro periodu vlastního kmitání kyvadla platí $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$.

Cíl

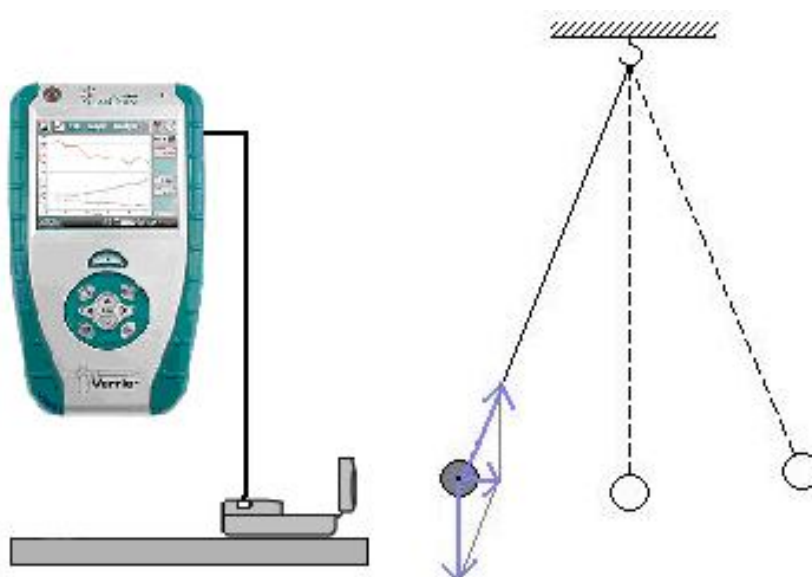
Určit **periodu** kmitání kyvadla. Změřit **časové diagramy** kinematických veličin harmonické pohybu. Určit **rovnice** výchylky, rychlosti a zrychlení harmonického pohybu.

Pomůcky

LabQuest, senzor polohy a pohybu MD-BTD, kyvadlo.




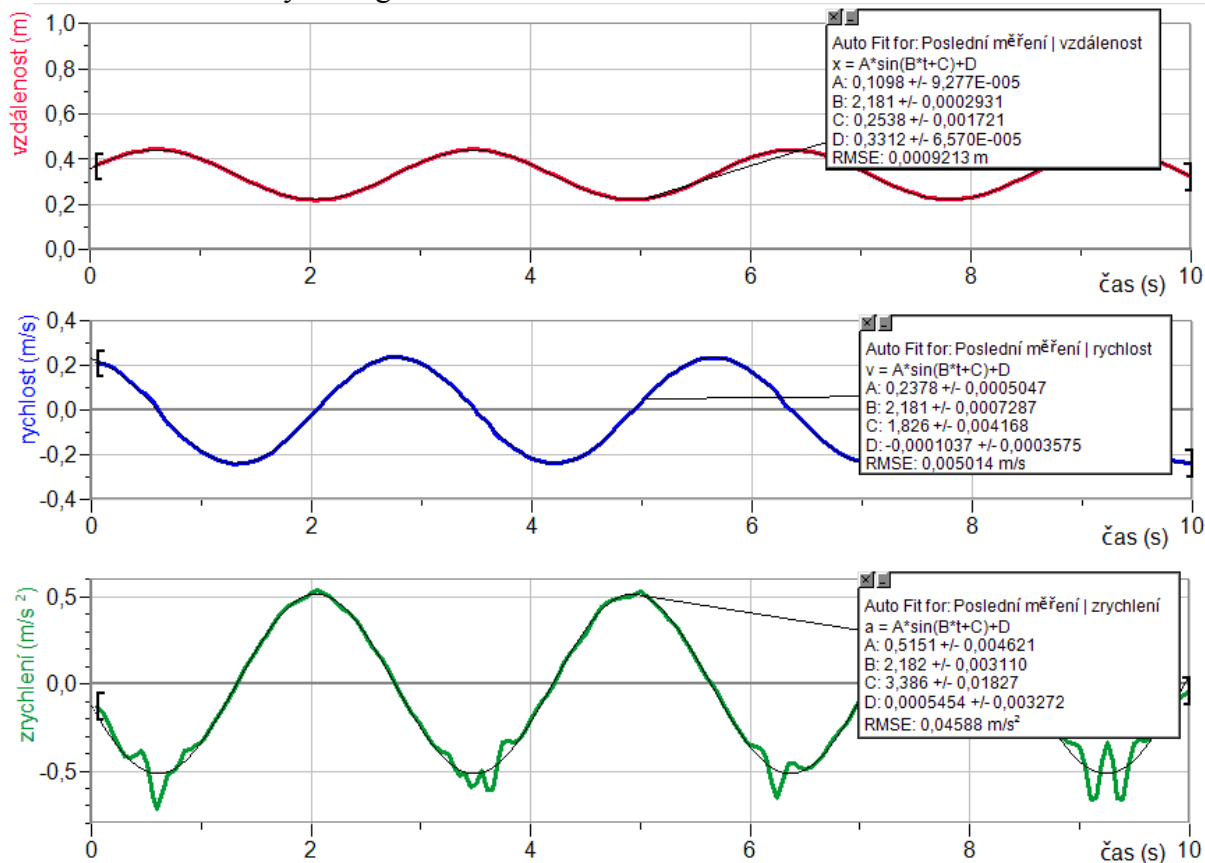
Schéma



Postup

1. Senzor polohy a pohybu MD-BTD zapojíme do konektoru DIG 1 LabQuestu. Na závěs zavěšíme závaží.

2. Zapneme LabQuest.
3. Nastavíme v menu Senzory – Záznam dat: Trvání: 10 s, Frekvence: 20 čtení/s. Zvolíme zobrazení Graf .
4. Necháme kývat kyvadlo. **Stiskneme** tlačítko START (měření) na LabQuestu.
5. Určíme délku vlákna l (až do těžiště tělesa). Vypočítáme periodu kmitání. Ověříme měřením.
6. Vložíme naměřený soubor do programu LoggerPro. V menu Analýza – Proložit křivku vložíme do časových diagramů křivku – sinusoidu.



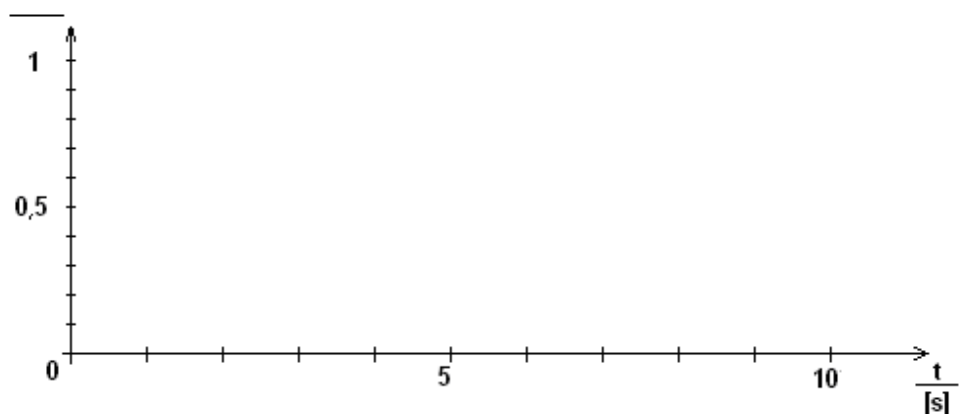
7. Zapišeme rovnice výchylky, rychlosti a zrychlení harmonického pohybu.

Doplňující otázky

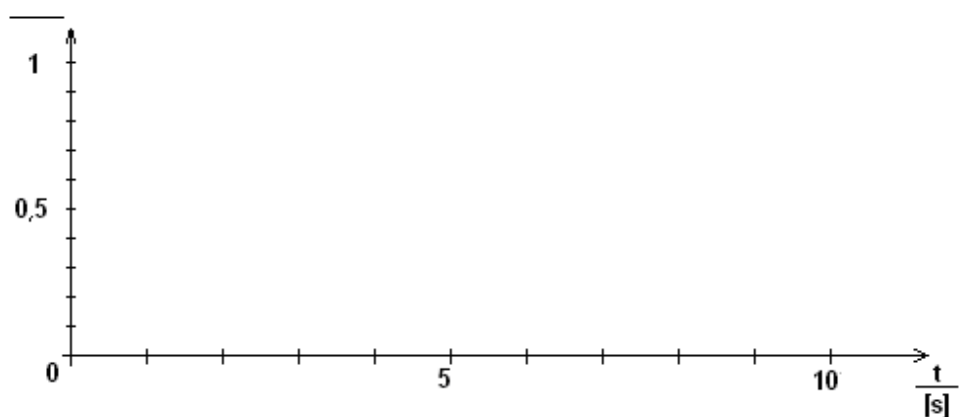
1. Z časových diagramů určete: počáteční fáze, fázový rozdíl, amplitudy, frekvenci, periodu.
2. Ověř, že stejné rovnice platí pro kmitavý pohyb.

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 6.9 Kyvadlo	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i> Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

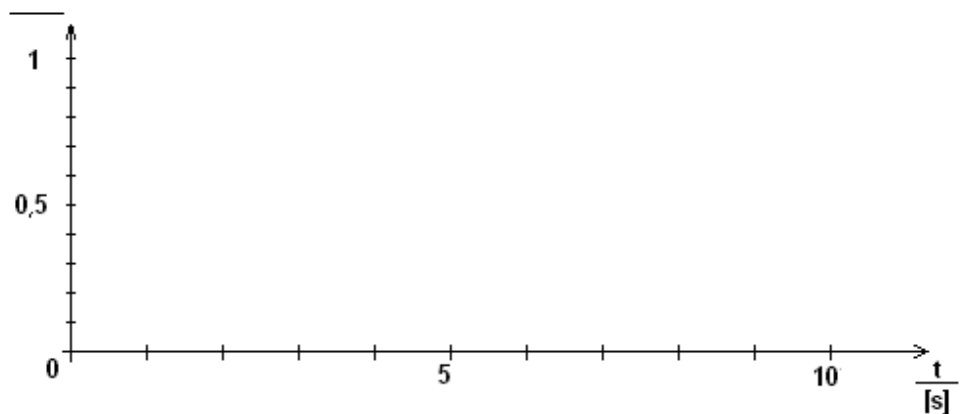
1. Grafy:
a) výchylky



b) rychlosti



c) zrychlení



2. Rovnice:

a) výchylky

- b) rychlosti $y =$
 $v =$
c) zrychlení $a =$

3. Amplituda, frekvence, perioda:

a) $y_m =$

b) $v_m =$

c) $a_m =$

d) $\omega =$

e) $f =$

f) $T =$

4. Výpočet periody z l :

$l =$

$T =$

$f =$

5. Fázové posunutí mezi:

a) výchylkou a rychlostí $\Delta\varphi = \dots\dots\dots rad$

b) výchylkou a zrychlením $\Delta\varphi = \dots\dots\dots rad$

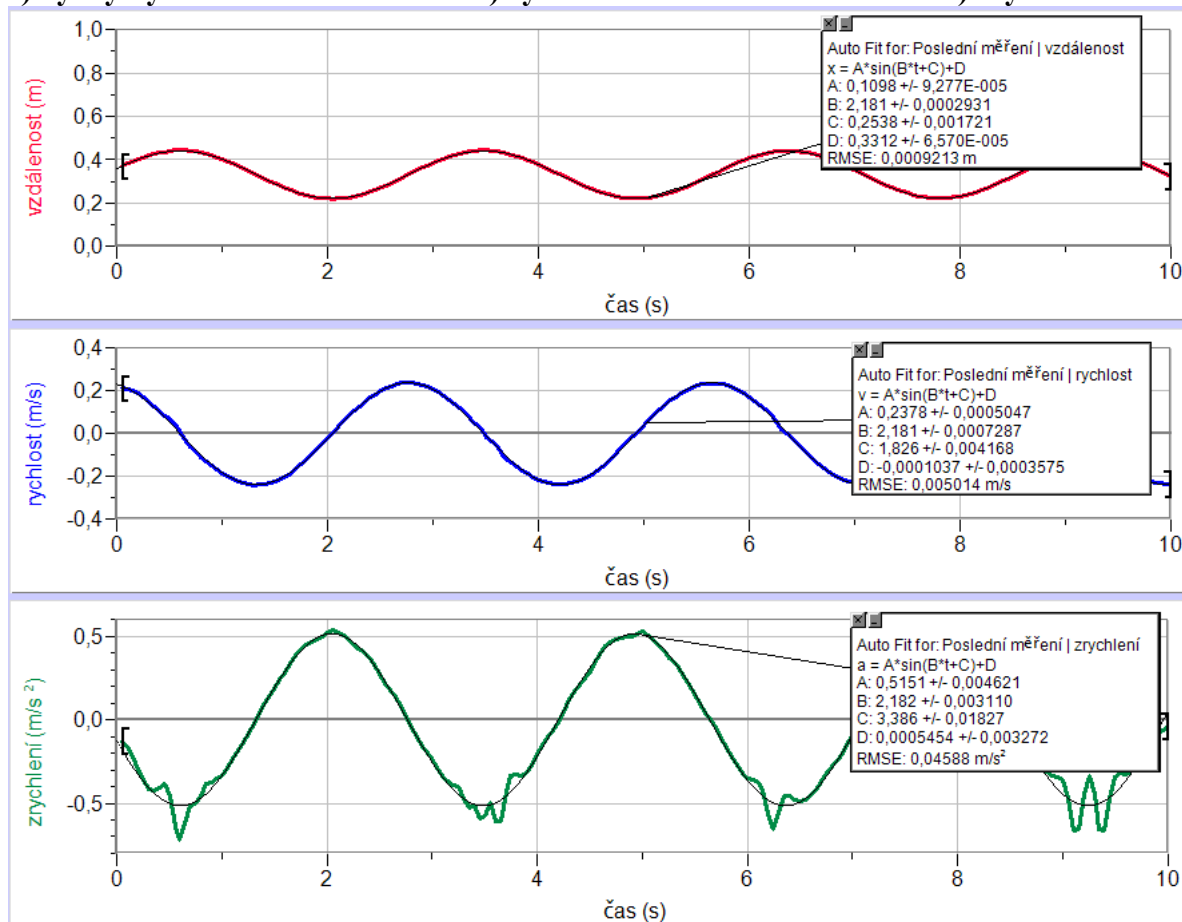
Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 6.9 Kyvadlo	
Jméno:	Podmínky měření:
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

1. Grafy:

a) výchylky

b) rychlosti

c) zrychlení



2. Rovnice:

a) výchylky

$$y = 0,105 \cdot \sin(2,182 \cdot t + 0,985) + 0,28$$

b) rychlosti

$$v = 0,226 \cdot \sin(2,181 \cdot t + 2,564) + 0,005$$

c) zrychlení

$$a = 0,486 \cdot \sin(2,181 \cdot t + 4,182) + 0$$

3. Amplituda, frekvence, perioda:

a) $y_m = 0,105 \text{ m}$

b) $v_m = 0,226 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

c) $a_m = 0,486 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

d) $\omega = 2,181 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$

e) $f = 0,347 \text{ Hz}$ ($f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{2,181}{6,283}$)

f) $T = 2,882 \text{ s}$

4. Výpočet periody z l :

$$l = 2,085 \text{ m}$$

$$T = 2,897 \text{ s} \quad (T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{2,085}{9,81}})$$

$$f = 0,345 \text{ Hz}$$

5. Fázové posunutí mezi:

a) výchylkou a rychlostí $\Delta\varphi = 1,579 \text{ rad}$ ($\pi/2$)

b) výchylkou a zrychlením $\Delta\varphi = 3,197 \text{ rad}$ (π)

Fyzikální princip

Vlnění je přenos kmitání látkovým prostředím. Vlnění může být **příčné** nebo **podélné**. **Stojaté** vlnění vzniká složením (interferencí) postupné a odražené vlny. Některé body kmitají s maximální výchylkou (**kmitna**) a některé nekmitají (**uzel**). Uzly jsou ve vzdálenosti poloviny vlnové délky λ .

Cíl

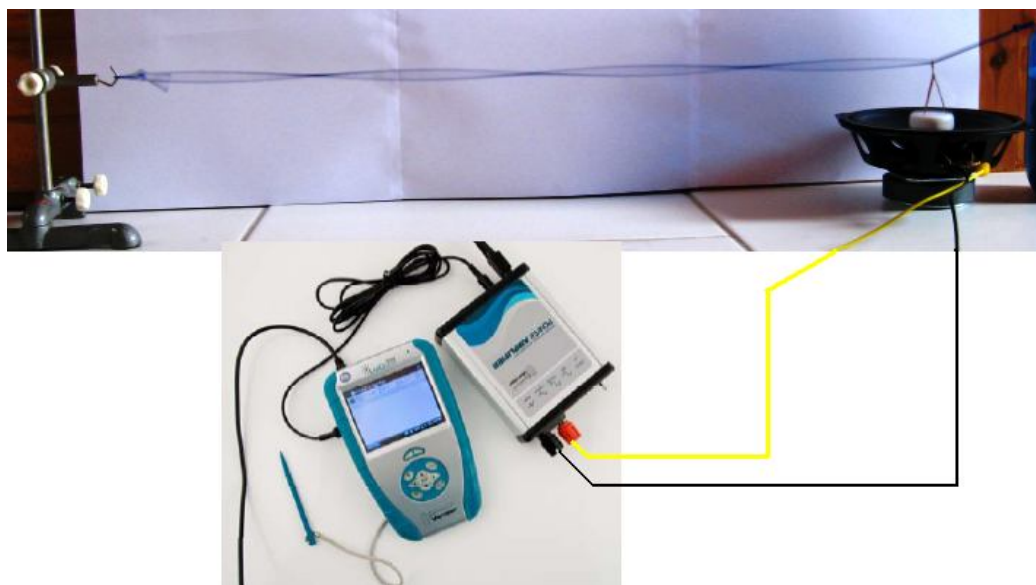
Demonstrovat stojaté vlnění pomocí kloboukové gummy. Určit veličiny vlnění – základní frekvence, vyšší harmonická frekvence, vlnová délka, rychlost šíření.

Pomůcky

LabQuest (jako generátor), zesilovač PAMP, basový reproduktor 8 Ω , dva laboratorní stojany, klobouková guma.

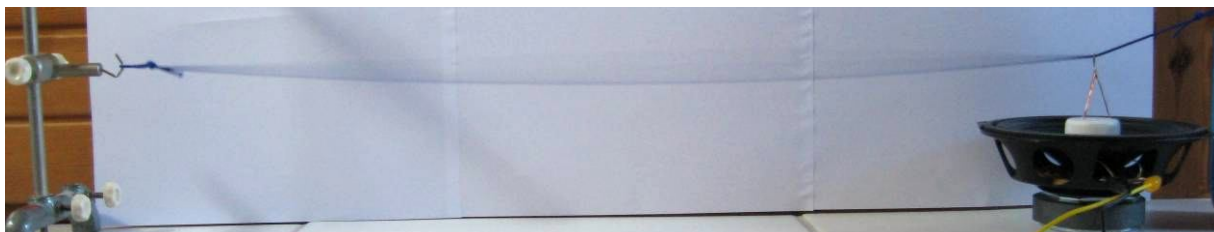


Schéma



Postup

1. **Propojíme** audio výstup LabQuestu ke vstupu zesilovače. Výstup zesilovače propojíme s basovým reproduktorem 8Ω (ten je upraven tak, aby se chvění membrány mohlo přenášet na gumu - pomocí tavné pistole přilepíme očko).
2. **Zapneme** LabQuest a v základním menu **zvolíme** aplikaci – generátor funkcí (**Zesilovač**).
3. Signál zvolíme sinus, kmitočet nastavíme 10 Hz a napětí 10 V.
4. Mezi dva stojany napneme kloboukovou gumu, kterou provlékneme na jednom okraji očkem.
5. Zapneme generátor funkcí a jemným posouváním stativu nastavíme tah gumy tak, aby kmitala se základní frekvencí.



6. Určíme vlnovou délku λ . Ze známé základní frekvence vypočítáme rychlost šíření vlnění.
7. Na LabQuestu změním postupně frekvenci na 20 Hz, 30 Hz, 40 Hz,.... Pozorujeme změny.



8. Jak se mění vlnová délka? Jak se mění rychlost šíření vlnění?

Doplňující otázky

1. Nastav základní kmitočet, změř amplitudu výchylky y_m . Co se děje s amplitudou při zvětšování kmitočtu?
2. Jaký je vztah pro základní a vyšší harmonické frekvence?.
3. Vyzkoušej různé gumy (délky, tloušťky) a pozoruj co se děje při změně tahu gumy?

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 6.10 Vlnění	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i> Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

1. Frekvence $f = 10 \text{ Hz}$

--	--

$$v = \lambda f; \quad \lambda = \dots\dots\dots \text{ m} \quad \Rightarrow \quad v = \dots\dots\dots \text{ m} \cdot \text{ s}^{-1}$$

2. Frekvence $f = 20 \text{ Hz}$

--	--

$$v = \lambda f; \quad \lambda = \dots\dots\dots \text{ m} \quad \Rightarrow \quad v = \dots\dots\dots \text{ m} \cdot \text{ s}^{-1}$$

3. Frekvence $f = 30 \text{ Hz}$

--	--

$$v = \lambda f; \quad \lambda = \dots\dots\dots \text{ m} \quad \Rightarrow \quad v = \dots\dots\dots \text{ m} \cdot \text{ s}^{-1}$$

4. Frekvence $f = 40 \text{ Hz}$

--

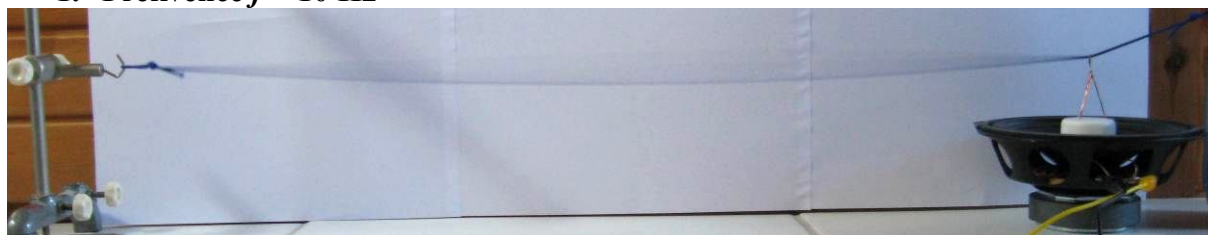
$v = \lambda \cdot f; \quad \lambda = \dots\dots\dots \text{ m} \quad \Rightarrow \quad v = \dots\dots\dots \text{ m} \cdot \text{ s}^{-1}$

5. Jak se mění vlnová délka? Jak se mění rychlost šíření vlnění?

--

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 6.10 Vlnění	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i> Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

1. Frekvence $f = 10$ Hz



$$v = \lambda f; \quad \lambda = 0,976 \text{ m} \Rightarrow v = 9,76 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

2. Frekvence $f = 20$ Hz



$$v = \lambda f; \quad \lambda = 0,513 \text{ m} \Rightarrow v = 10,26 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

3. Frekvence $f = 30$ Hz



$$v = \lambda f; \quad \lambda = 0,349 \text{ m} \Rightarrow v = 10,47 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

4. Frekvence $f = 40 \text{ Hz}$



$$v = \lambda f; \quad \lambda = 0,258 \text{ m} \Rightarrow v = 10,32 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

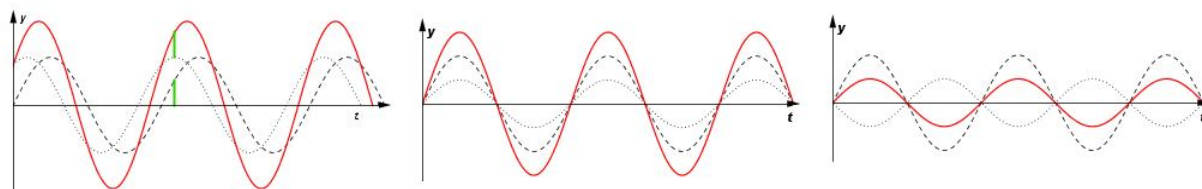
5. Jak se mění vlnová délka? Jak se mění rychlost šíření vlnění?

S rostoucí frekvencí se vlnová délka nepřímo úměrně zmenšuje. Rychlost vlnění se téměř nemění.

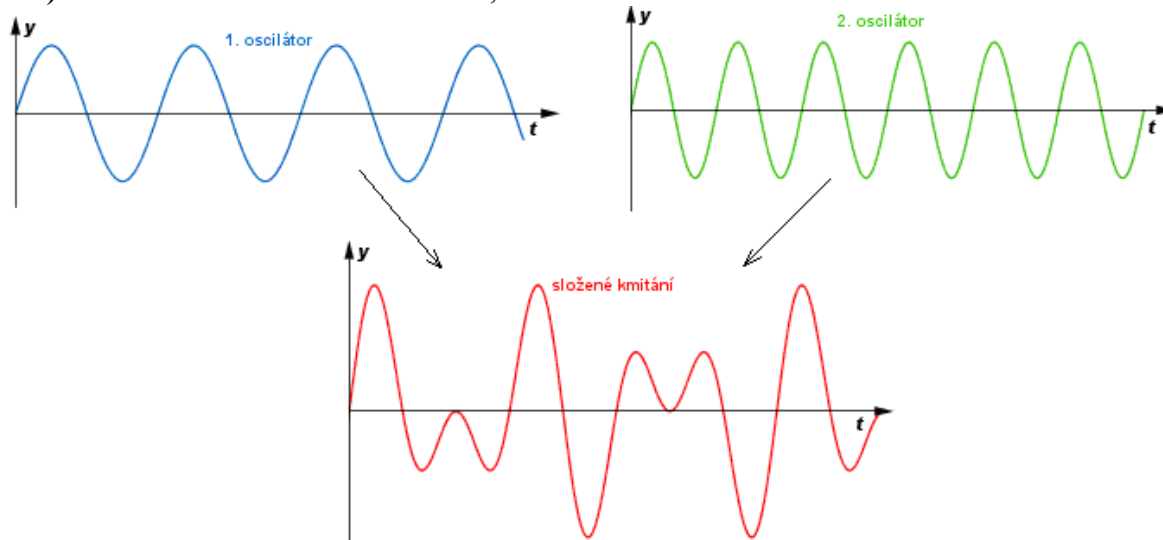
Fyzikální princip

Složené kmitání vzniká při kmitání dvou oscilátorů, které jsou navzájem spojeny např. gumovým vláknem. Superpozicí dvou harmonických kmitání o:

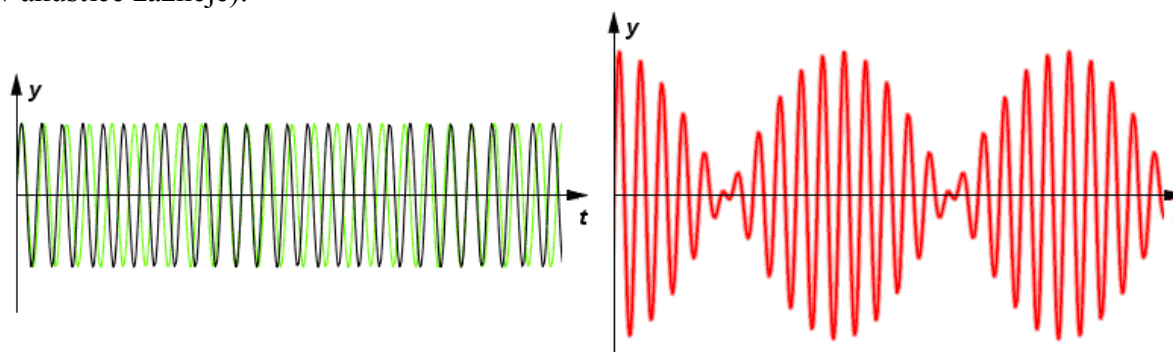
- a) **stejně frekvenci** vzniká kmitání téže frekvence. Amplituda závisí na fázovém rozdílu složek.



- b) **různé frekvenci** vzniká kmitání, které není harmonické.



Když se frekvence složek velmi málo liší, vzniká složené kmitání, které nazýváme **rázy** (nebo v akustice záněje).

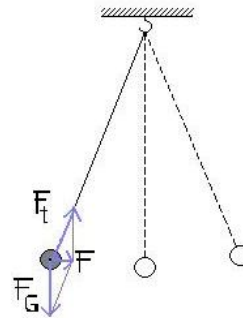


Cíl

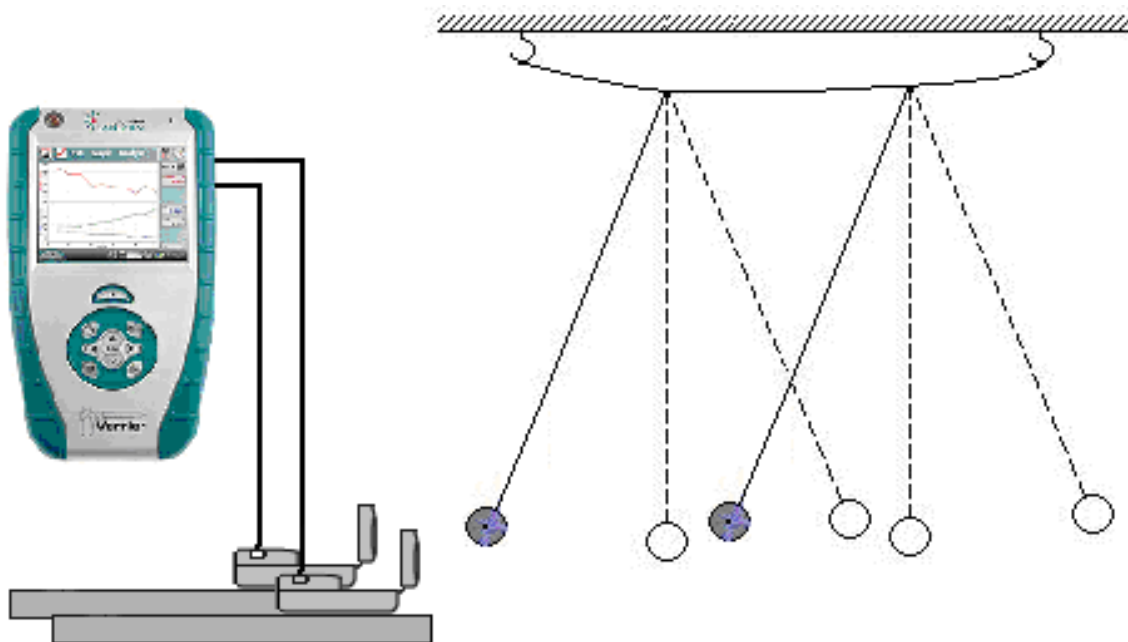
Určit časový diagram **složeného kmitání** s blízkou frekvencí složek.

Pomůcky



LabQuest, 2 senzory polohy a pohybu MD-BTD, 2 kyvadla.

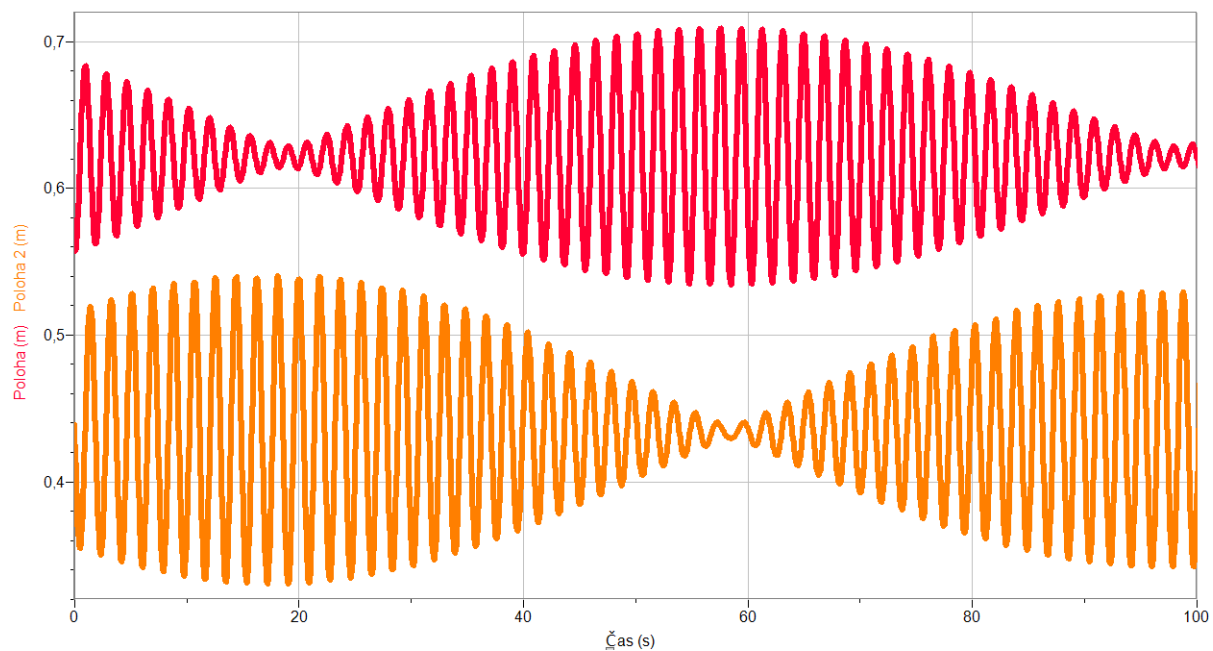


Schéma



Postup

1. Senzory polohy a pohybu MD-BTD zapojíme do konektorů DIG 1 a DIG 2 LabQuestu. Na závěs zavěsíme dvě závaží podle schéma.
2. Zapneme LabQuest.
3. Nastavíme v menu Senzory – Záznam dat: Trvání: 100 s, Frekvence: 20 čtení/s. Zvolíme zobrazení Graf .
4. Necháme kývat kyvadla. Stiskneme tlačítko START  (měření) na LabQuestu.



5. Vyslovíme závěr.

Doplňující otázky

1. Jaký je kmitočet 1. oscilátoru, 2. oscilátoru a rázů?
2. Pomocí generátoru signálů (audio) vyzkoušej zázněje. Zkus je naměřit pomocí mikrofону.
3. Jak se mění zázněje s **rozdílem** kmitočtů obou oscilátorů?

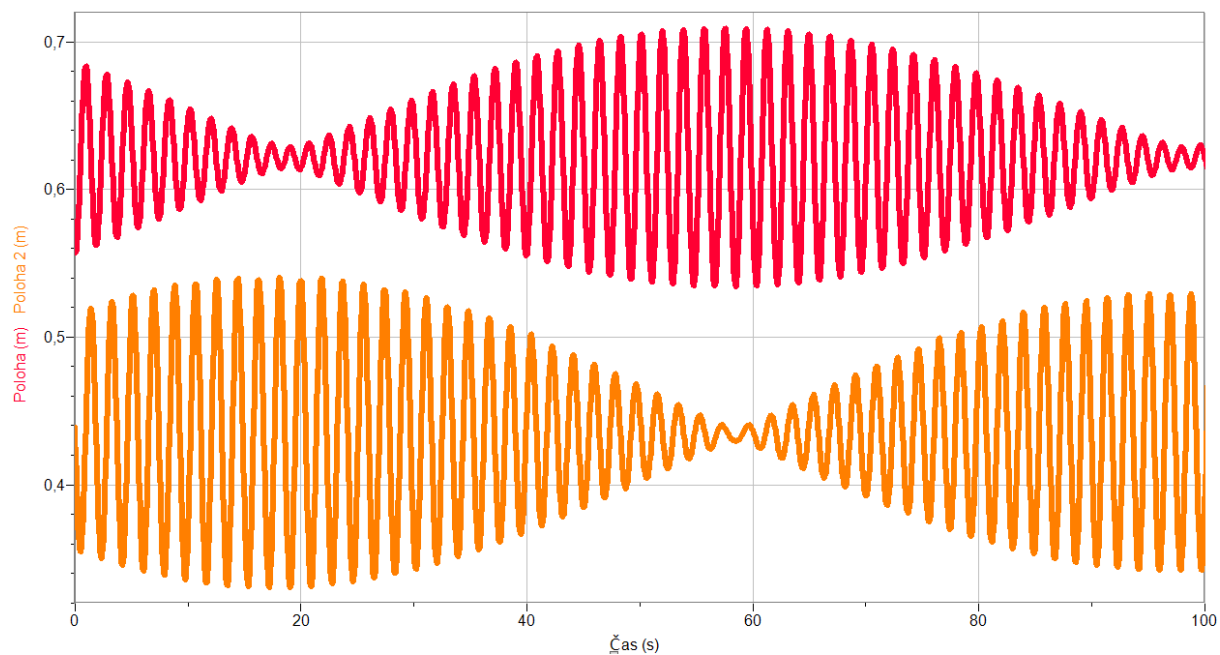
Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 6.11 Složené kmitání	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i> Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

1. Graf: Složené kmitání dvou kyvadel

2. Závěr:

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 6.11 Složené kmitání	
Jméno:	Podmínky měření:
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

1. Graf: Složené kmitání dvou kyvadel



2. Závěr:

V grafu znázorňující kmitání dvou kyvadel, která jsou propojená gumovým vláknem, vidíme přenos energie z jednoho kyvadla na druhé.

Fyzikální princip

Při harmonickém kmitavém pohybu mechanického oscilátoru se periodicky mění jeho **polohová energie** E_p v energii **pohybovou** E_k a naopak. **Celková energie** E je konstantní a je přímo úměrná druhé mocnině amplitudy výchylky y_m , popř. druhé mocnině amplitudy rychlosti v_m vlastního kmitání:

$$E = \frac{1}{2}ky_m^2 = \frac{1}{2}mv_m^2.$$

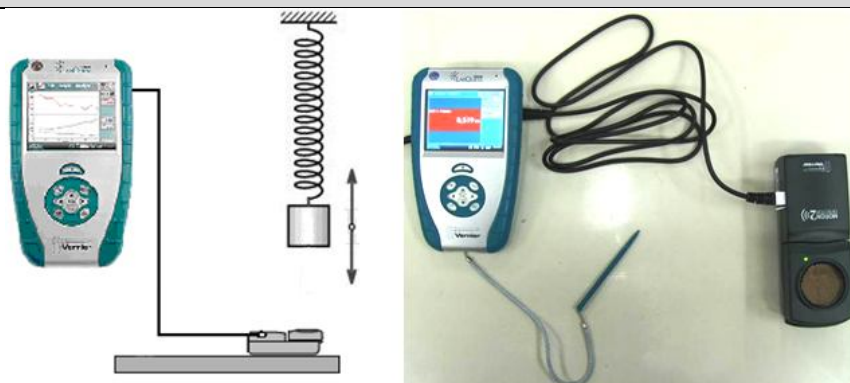
U skutečného oscilátoru vznikají ztráty energie a vzniká **tlumené kmitání** (za ideálních předpokladů **netlumené kmitání**).

Cíl

Změřit pohybovou a polohovou energii kmitavého pohybu a určit celkovou energii.

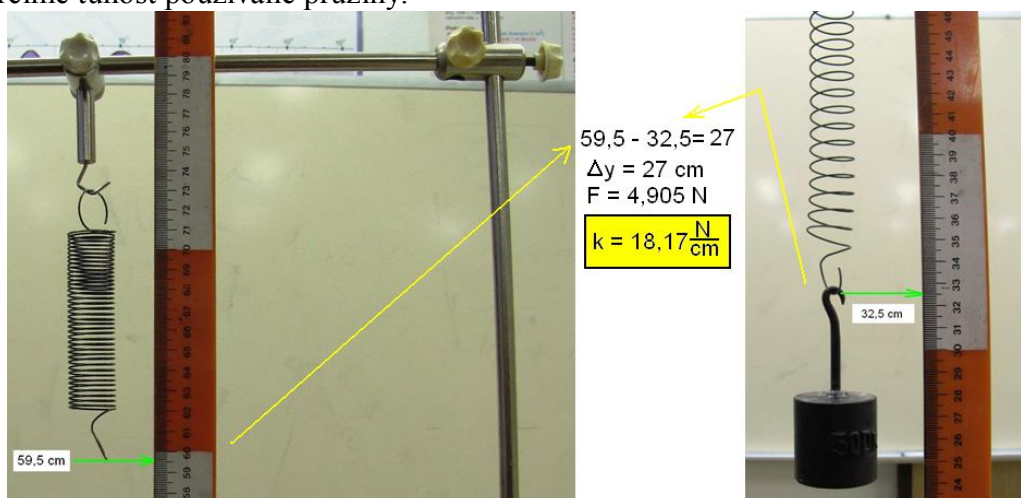
Pomůcky



LabQuest, ultrazvukový senzor MD-BTD nebo GO-MOT, těleso (závaží), pružina, stojan, metr.

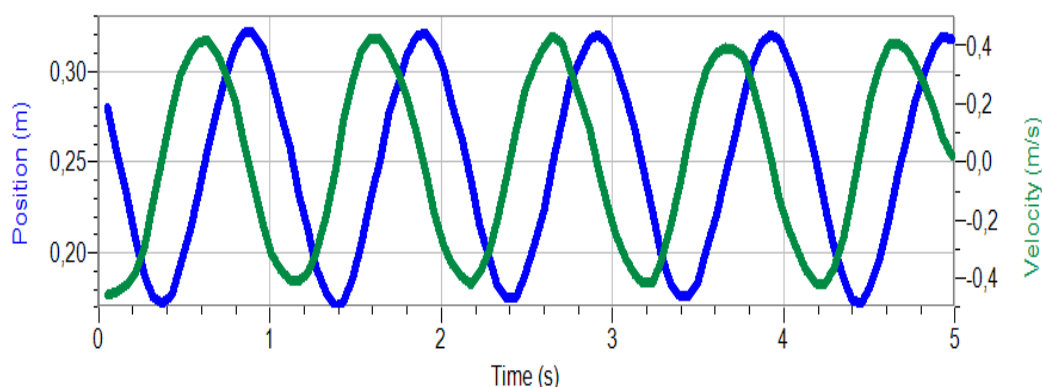
**Schéma**

Postup

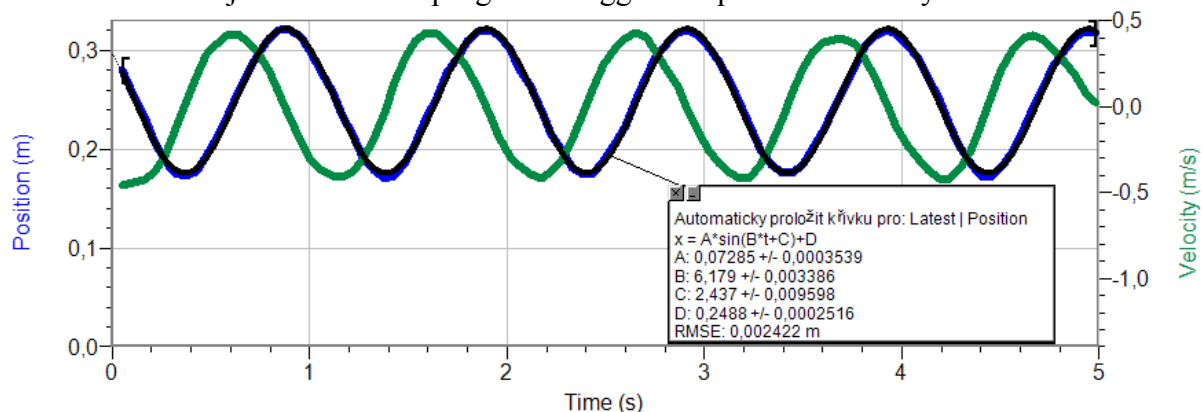
1. Připojíme ultrazvukový senzor MD-BTD nebo GO-MOT do vstupu DIG 1 LabQuestu.
2. Určíme tuhost používané pružiny.



3. Zapneme LabQuest.
4. V menu Senzory – Záznam dat nastavíme Režim: Časová základna; Frekvence: 20 čtení/s; Trvání: 10 s.
5. Zvolíme zobrazení Graf .
6. Zvážíme závaží na digitálních vahách a zavěšíme ho na pružinu a pod závaží položíme ultrazvukový senzor a budeme měřit vzdálenost a rychlost kmitajícího závaží na pružině.
7. Uvedeme závaží do kmitavého pohybu.
8. Stiskneme tlačítko START  (měření) na LabQuestu.



9. Soubor nahrajeme do PC a v programu Logger Pro provedeme analýzu.



10. V menu Data - Nový dopočítávaný sloupec zadáme název, značku, jednotku a rovnici pro E_k :

The dialog box 'Vlastnosti dopočítávané datové řady' is shown with the following settings:

- Nastavení sloupce:**
 - Jednotky a popisky:**
 - Název: Energie kinetická
 - Značka: Ek
 - Jednotky: J
 - Cíl:**
 - Datová řada: (empty)
 - Přidat všem podobným datovým řadám
 - Rovnice:**
 - Equation: $0,5*0,5*Velocity*Velocity$
 - Zobrazovat během měření
 - Buttons: Funkce >, Proměnné (sloupce) >, Parametry >
- Buttons:** Nápověda, Hotovo, Zrušit

11. V menu Data - Nový dopočítávaný sloupec zadáme název, značku, jednotku a rovnici pro E_p :

The dialog box 'Vlastnosti dopočítávané datové řady' is shown with the following settings:

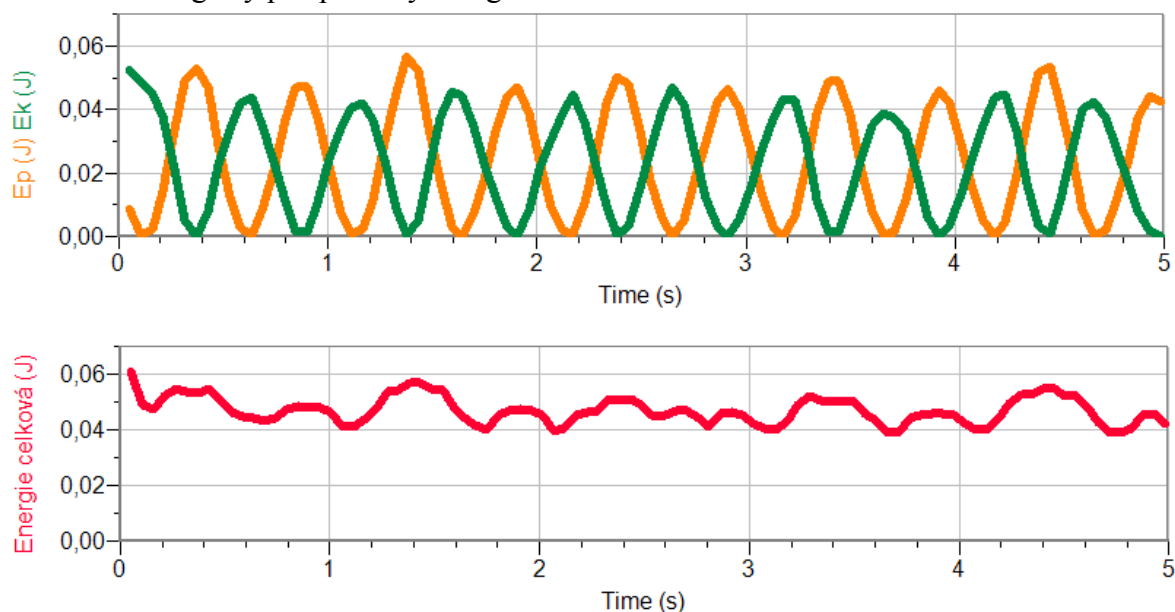
- Nastavení sloupce:**
 - Jednotky a popisky:**
 - Název: Energie potenciální
 - Značka: Ep
 - Jednotky: J
 - Cíl:**
 - Datová řada: (empty)
 - Přidat všem podobným datovým řadám
 - Rovnice:**
 - Equation: $0,5*18,17*abs(("Position"-0,249))*abs(("Position"-0,249))$
 - Zobrazovat během měření
 - Buttons: Funkce >, Proměnné (sloupce) >, Parametry >
- Buttons:** Nápověda, Hotovo, Zrušit

12. V menu Data - Nový dopočítávaný sloupec zadáme název, značku, jednotku a rovnici pro E :

The dialog box 'Vlastnosti dopočítávané datové řady' is shown with the following settings:






- Nastavení sloupce:**
 - Jednotky a popisky:**
 - Název: Energie celková
 - Značka: E
 - Jednotky: J
 - Cíl:**
 - Datová řada: (empty)
 - Přidat všem podobným datovým řadám
 - Rovnice:**
 - Equation: "Energie kinetická"+"Energie potenciální"
 - Zobrazovat během měření
 - Buttons: Funkce >, Proměnné (sloupce) >, Parametry >
- Buttons:** Nápověda, Hotovo, Zrušit

13. Zobrazíme grafy pro průběhy energií:



14. Vyslovíme závěr.

Doplňující otázky

1. Změníme dobu trvání na 300 s. Opakujeme měření. Co pozorujeme? Jak se mění celková energie E ?
2. Jiný postup určení **tuhosti** pružiny k :
 - a) Na siloměr zavěsíme pružinu.
 - b) Vyznačíme na pozadí (tabule) konec pružiny „značku – 0 cm“. Dále si pomocí pravítka vyznačíme značky 5, 10, 15, 20, ... cm.
 - c) V menu Senzory – Záznam dat nastavíme Režim: Události + Hodnoty; Název: Prodloužení; Jednotky: cm.
 - d) Vynulujeme siloměr v menu Senzory – Vynulovat.
 - e) Zvolíme zobrazení Graf .
 - f) **Stiskneme** tlačítko START  (měření) na LabQuestu.
 - g) Stiskneme **tlačítko**  (zachovat).
 - h) Do textového okénka vložíme hodnotu **0 cm** a stiskneme OK.
 - i) Prodloužíme pružinu o 5 cm.
 - j) Stiskneme **tlačítko**  (zachovat).
 - k) Do textového okénka vložíme hodnotu **5 cm** a stiskneme OK.
 - l) Opakujeme body i), j) a k) pro **10, 15, 20, ...cm**.
 - m) Stiskneme tlačítko  (ukončit měření).
 - n) **Provedeme** analýzu grafu – menu Analýza – Fitovat křivku – Typ rovnice: Přímá úměrnost.
 - o) Z grafu určíme tuhost pružiny k – je směrnice polopřímky A vynásobená 100 (protože l jsme zadávali v cm).
3. Opakujeme pro jiné závaží nebo jinou pružinu.

Fyzikální princip

Zdrojem zvuku je chvějící se pružné těleso. **Hudební interval** je **poměr** frekvencí dvou tónů.

Cíl




Určit **časový diagram** některých zdrojů zvuku - ladičky, kláves, hudebních nástrojů...
Určit **frekvenci** tónů c^1 , d^1 , e^1 , ..., c^2 . Určit **hudební intervaly** těchto tónů.

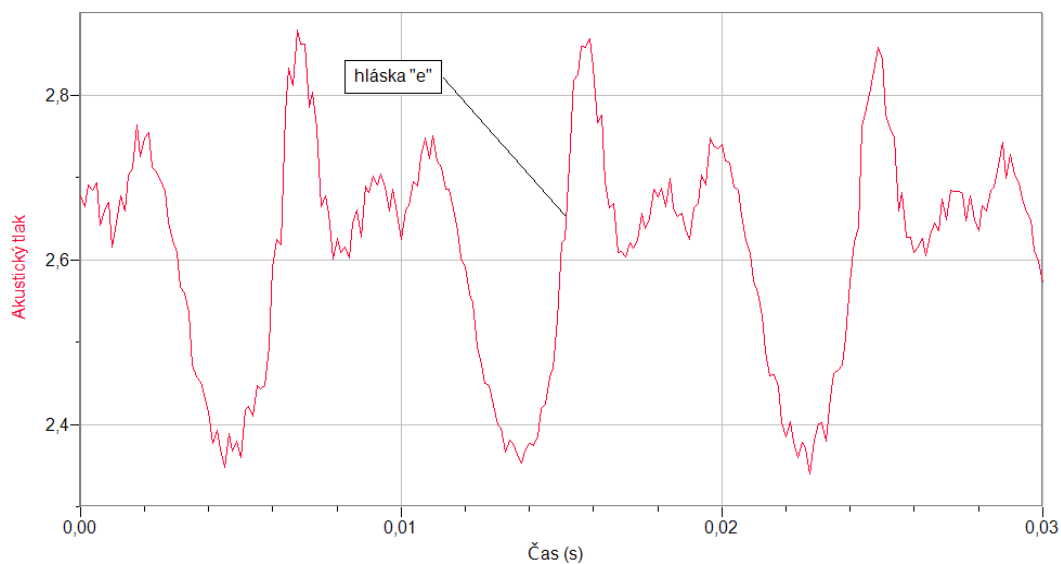
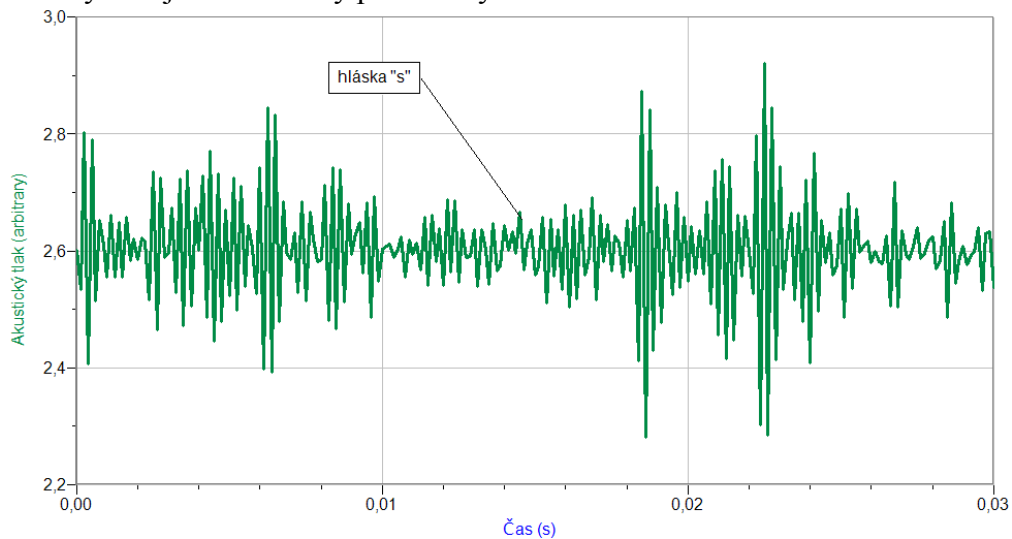
Pomůcky

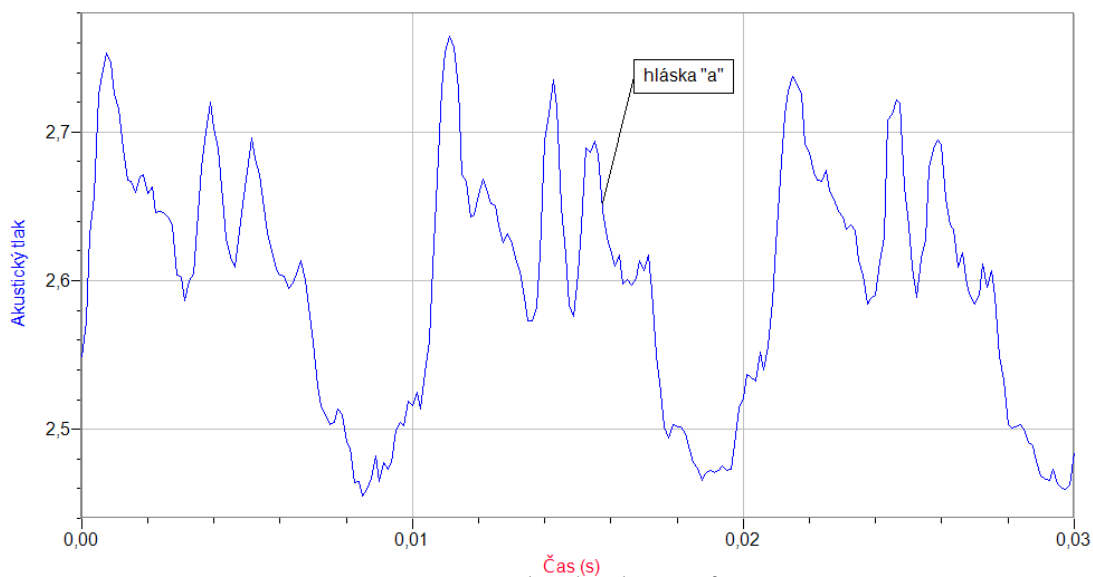
LabQuest, mikrofon MCA-BTA, zdroje zvuku (hudební nástroje).

**Schéma****Postup**

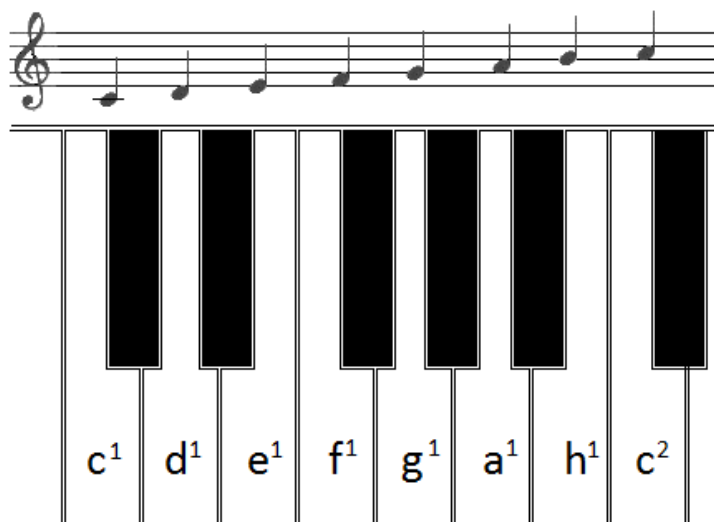
1. Zapneme LabQuest.
2. **Připojíme** mikrofon MCA-BTA do vstupu CH1 LabQuestu nebo v menu Senzory – Nastavení senzorů zvolíme INT – Vnitřní mikrofon.

3. Zvolíme zobrazení Graf .
4. Rozezvučíme zdroj zvuku – hláska „a“, „e“, „s“...
5. **Stiskneme** tlačítko START  (měření) na LabQuestu.
6. Ukládáme naměřené zvuky v menu Graf – Uložit měření nebo zvolíme . Pomocí kalkulačky určujeme kmitočty periodických zvuků. **Uložíme soubor.**





- Opakujeme body 4., 5. a 6. pro tóny c^1 , d^1 , e^1 , ..., c^2 . Určujeme kmitočet těchto tónů (změříme periodu a kmitočet vypočítáme) a jejich hudební intervaly.
- Naměřené kmitočty tónů a vypočítané hodnoty hudebních intervalů porovnáme s hodnotami v tabulce.



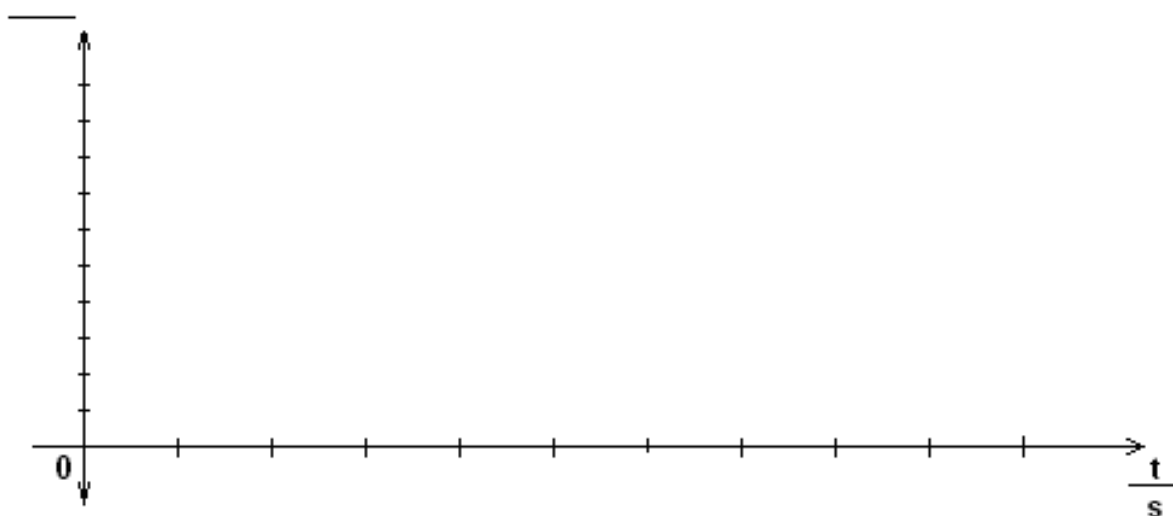
Tón	c^1	d^1	e^1	f^1	g^1	a^1	h^1	c^2
Ladění	absolutní výška (Hz)							
temperované	262	294	330	349	392	440	494	524
přirozené	264	297	330	352	396	440	495	528
Hudební interval	1:1	9:8	5:4	4:3	3:2	5:3	15:8	2:1

Doplňující otázky

- Zkuste měřit časové diagramy různých hudebních nástrojů.

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 6.13 Zdroje zvuku	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i> Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

1. Graf $p=f(t)$:



2. Tabulka:

a) naměřené a vypočítané hodnoty

Tón	c ¹	d ¹	e ¹	f ¹	g ¹	a ¹	h ¹	c ²
Výška [Hz]								
Hudební interval								

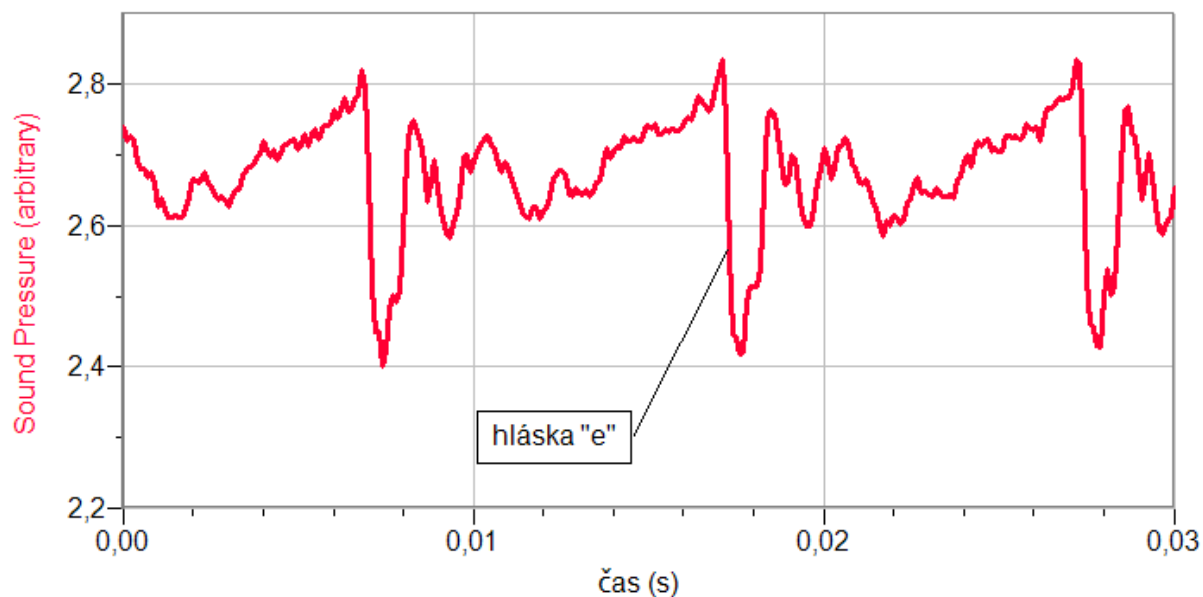
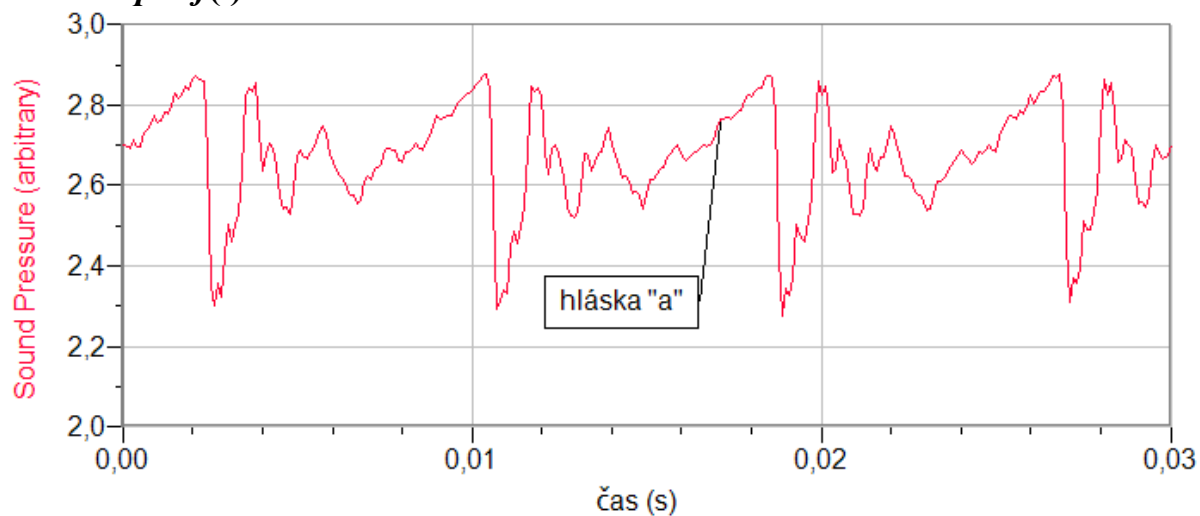
b) tabulkové hodnoty

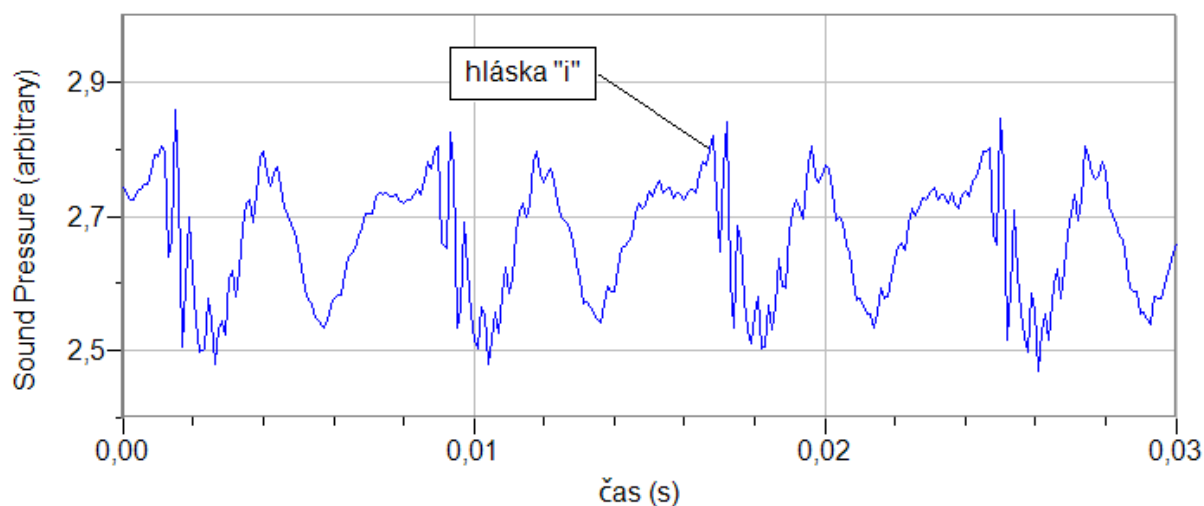
Tón	c ¹	d ¹	e ¹	f ¹	g ¹	a ¹	h ¹	c ²
Výška [Hz]	262	294	330	349	392	440	494	524
Hudební interval	1 : 1	9 : 8	5 : 4	4 : 3	3 : 2	5 : 3	15 : 8	2 : 1

3. Závěr:

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 6.13 Zdroje zvuku	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i>
Třída:	Teplota: 28 °C
Datum:	Tlak: 1006 hPa
Spolupracovali:	Vlhkost: 54%

1. Graf $p = f(t)$:





2. Tabulka:

a) naměřené a vypočítané hodnoty

Tón	c ¹	d ¹	e ¹	f ¹	g ¹	a ¹	h ¹	c ²
Výška [Hz]	261	294	334	345	394	440	492	527
Hudební interval	1	1,126	1,280	1,322	1,510	1,686	1,885	2,019

b) tabulkové hodnoty

Tón	c ¹	d ¹	e ¹	f ¹	g ¹	a ¹	h ¹	c ²
Výška [Hz]	262	294	330	349	392	440	494	524
Hudební interval	1 : 1	9 : 8 = 1,125	5 : 4 = 1,25	4 : 3 = 1,33	3 : 2 = 1,5	5 : 3 = 1,67	15 : 8 = 1,875	2 : 1

3. Závěr:

Naměřené a vypočítané hodnoty (hudebních intervalů) vychází velmi přesně s max. chybou do 1 %. Naměřené průběhy hlásek odpovídají naměřeným průběhům v učebnici fyziky.

Fyzikální princip

Zvuk je podélné vlnění s frekvencí od 16 Hz do 20 kHz. **Rychlost zvuku** můžeme změřit přímou metodou tak, že změříme vzdálenost, kterou zvuk urazil a dobu, za kterou mu to trvalo. Rychlost zvuku ve vzduchu závisí na složení vzduchu (nečistoty, vlhkost, druh plynu), ale nejvíce na jeho teplotě: $v_t = 331,82 + 0,61 \cdot t$, kde teplota t je v Celsiových stupních.

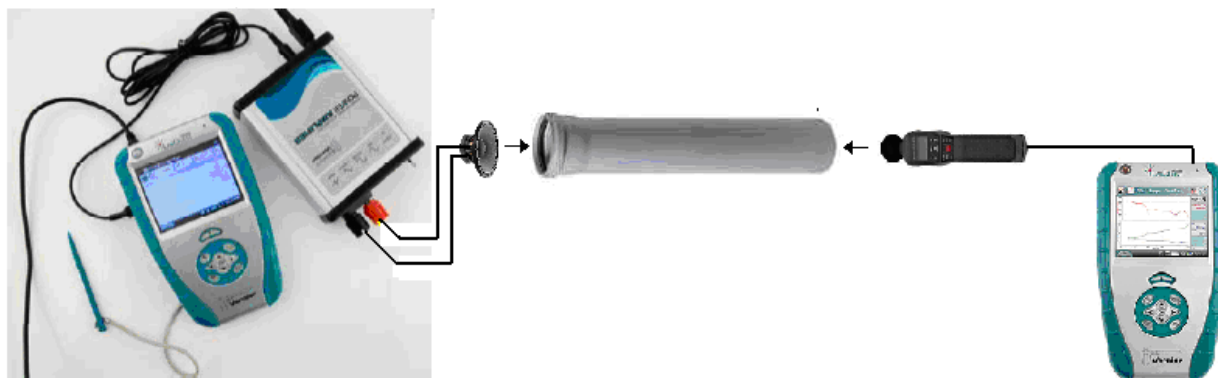
Rychlost zvuku také můžeme změřit **otevřeným rezonátorem** – trubicí, v jejímž vzduchovém sloupci vzbudíme chvění pomocí zdroje zvuku (reproduktoru).

Cíl

Změřit **rychlost zvuku** ve vzduchu při dané teplotě **otevřeným rezonátorem**.

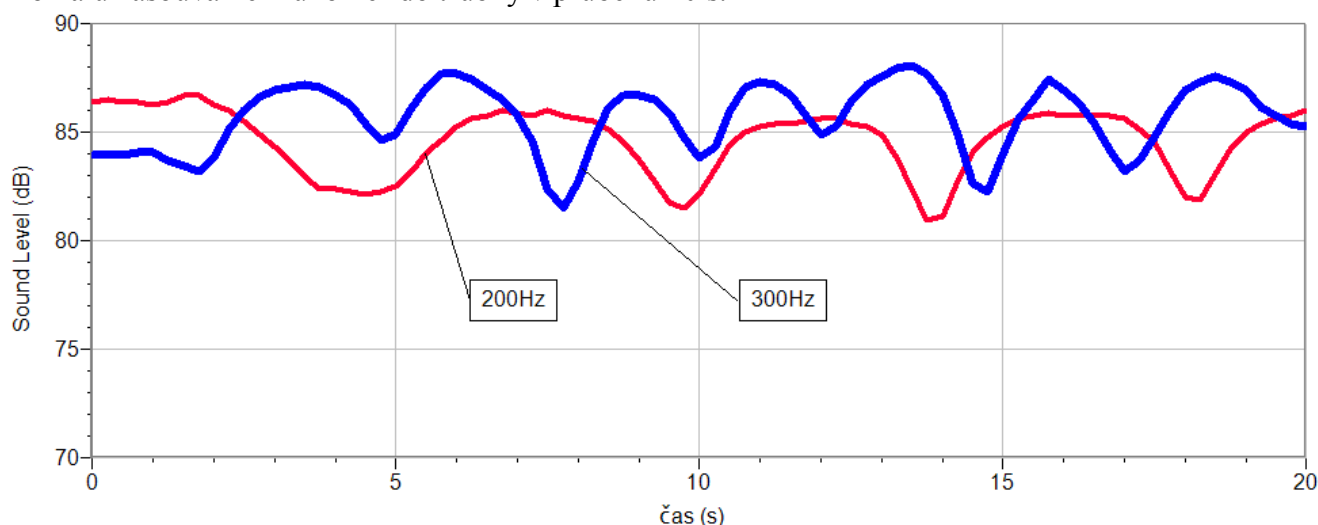
Pomůcky

LabQuest, zesilovač PAMP, hlukoměr SLM-BTA, zdroj zvuku – LabQuest jako generátor funkcí s reproduktorem, odpadní trubka HTEM.

**Schéma**

Postup

1. **Propojíme** audio výstup LabQuestu ke vstupu zesilovače. Výstup zesilovače propojíme s reproduktorem 8Ω , který přiložíme k otvoru otevřeného rezonátoru - trubky.
2. **Zapneme** LabQuest a v základním menu **zvolíme** aplikaci – generátor funkcí (Zesilovač).
3. Signál zvolíme sinus; kmitočet nastavíme 200 Hz a napětí 10 V.
4. **Připojíme** hlukoměr SLM-BTA do vstupu CH1 druhého LabQuestu.
5. **Zapneme** druhý LabQuest a **nastavíme** v menu Senzory – Záznam dat: Trvání: **20 s**, Frekvence: **2** čtení/s. Dále zvolíme zobrazení grafu.
6. **Nastavení** hlukoměru SLM-BTA: Time Weiting – S (slow), Maximum Level Hold – RESET (průběžně zobrazuje), Frequency Weighting – A (pomalé změny). Hlukoměr připevníme na delší tyčku.
7. Stiskneme tlačítko START (měření) na druhém LabQuestu.
8. Pomalu zasouváme hlukoměr do trubky v průběhu 20 s.



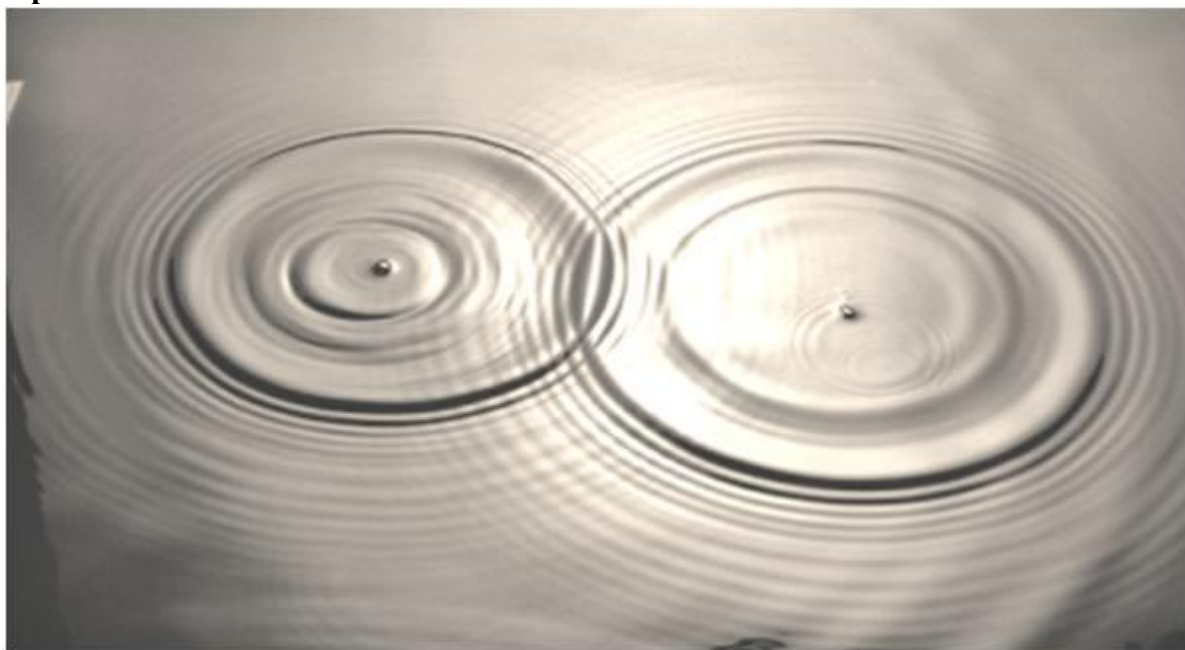
9. Uložíme měření. Změníme kmitočet na 300 Hz a zopakujeme měření.
10. Vyslovíme závěr.

Doplňující otázky

1. Vyzkoušíme stejné měření, ale měření provádíme po jednotlivých hodnotách s tím, že vkládáme hodnoty vzdálenosti. Ze vzdáleností uzlů (kmiten) určíme vlnovou délku λ a z hodnoty kmitočtu f zvuku vypočítáme rychlost šíření zvuku v .

Fyzikální princip

Interferenci vlnění nazýváme **skládání** dvou nebo více vlnění. Interferencí dvou vlnění o stejné vlnové délce vzniká výsledné vlnění, jehož amplituda je **největší** v místech, v nichž se vlnění setkávají se **stejnou fází**, a **nejmenší** je v místech, v nichž se vlnění setkávají s **opačnou fází**.



Cíl

Určit pomocí hlukoměru SLM-BTA **hladinu intenzity zvuku** při interferenci dvou zvuků o stejné vlnové délce.

Pomůcky

2 ks LabQuest, hlukoměr SLM-BTA, zesilovač PAMP nebo jiný, 2 ks basový reproduktor 8 Ω .



Schéma



Postup

1. **Připojíme** hlukoměr SLM-BTA do vstupu CH1 prvního LabQuestu.
2. Ke druhému LabQuestu připojíme zesilovač a dva reproduktory podle schéma. Na LabQuestu nastavíme kmitočet 1 kHz.
3. **Zapneme** první LabQuest a **nastavíme** v menu Senzory – Záznam dat: Trvání: **120 s**, Frekvence: **2** čtení/s. Dále zvolíme zobrazení grafu.
4. **Nastavení** hlukoměru SLM-BTA: Time Weiting – S (slow), Maximum Level Hold – RESET (průběžně zobrazuje), Frequency Weighting – A (pomalé změny).
5. **Stiskneme** tlačítko START (měření) na LabQuestu a rovnoměrně pohybujeme s mikrofonem podle schéma. Uložíme měření. Měření provádíme na louce.
6. Vyslovíme **závěr**.

Doplňující otázky

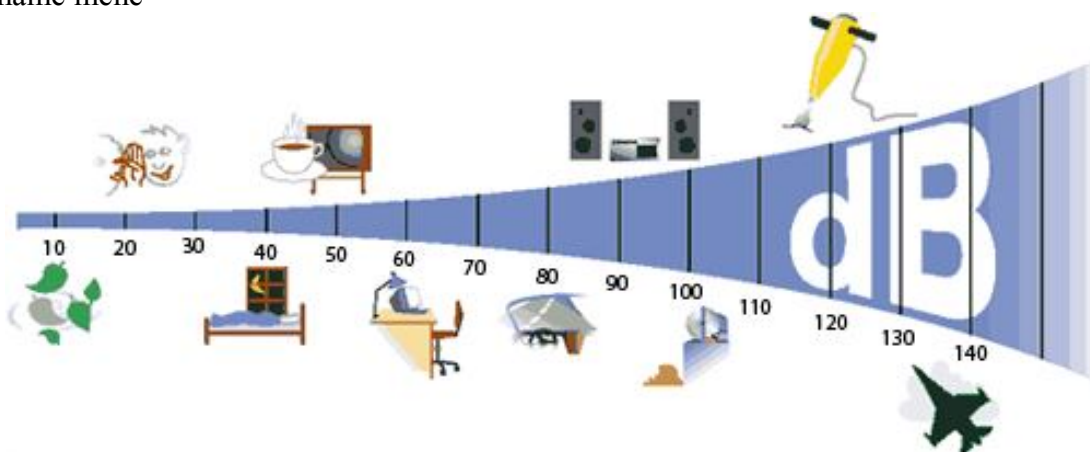
1. K prvnímu LabQuestu můžeme připojit i ultrazvukový senzor vzdálenosti a měříme, jak závisí hladina intenzity zvuku v závislosti na vzdálenosti? Případně můžeme vkládat jednotlivé hodnoty a měřit vzdálenost pásmem.

Fyzikální princip

Práh slyšitelnosti je nejmenší intenzita zvuku, kterou je schopen vnímat pozorovatel s normálním sluchem ($I_0=10^{-12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$). **Práh bolesti** je nejmenší intenzita zvuku, která vyvolá pocit bolesti ($I_0=10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$). **Hladina intenzity zvuku L** (v decibelech) je fyzikální veličina, která vyjadřuje **kolikrát** je vnímaný zvuk (P – akustický výkon vnímaného zvuku) silnější než práh slyšitelnosti (P_0 - akustický výkon prahu slyšitelnosti), např. $10\times$ o 10 dB, $100\times$ o 20 dB, $1000\times$ o 30 dB,...).

$$L = 10 \cdot \log \frac{P}{P_0}$$

Hlasitost zvuku je subjektivní veličina a závisí na citlivosti sluchu. Naše ucho je nejcitlivější na zvuky v intervalu 700 Hz až 6 kHz. Zvuky o nízkém nebo naopak o vysokém kmitočtu vnímáme méně

**Cíl**

Určit pomocí hlukoměru SLM-BTA **hladinu intenzity zvuku** lidského hlasu, zařízení a strojů kolem nás (pračka, vysavač, televize, rádio, reprodukováná hudba, ulice, hřiště, přestávka ve škole,..., ticho).

Pomůcky

LabQuest, hlukoměr SLM-BTA, wattmetr WU-PRO-I.

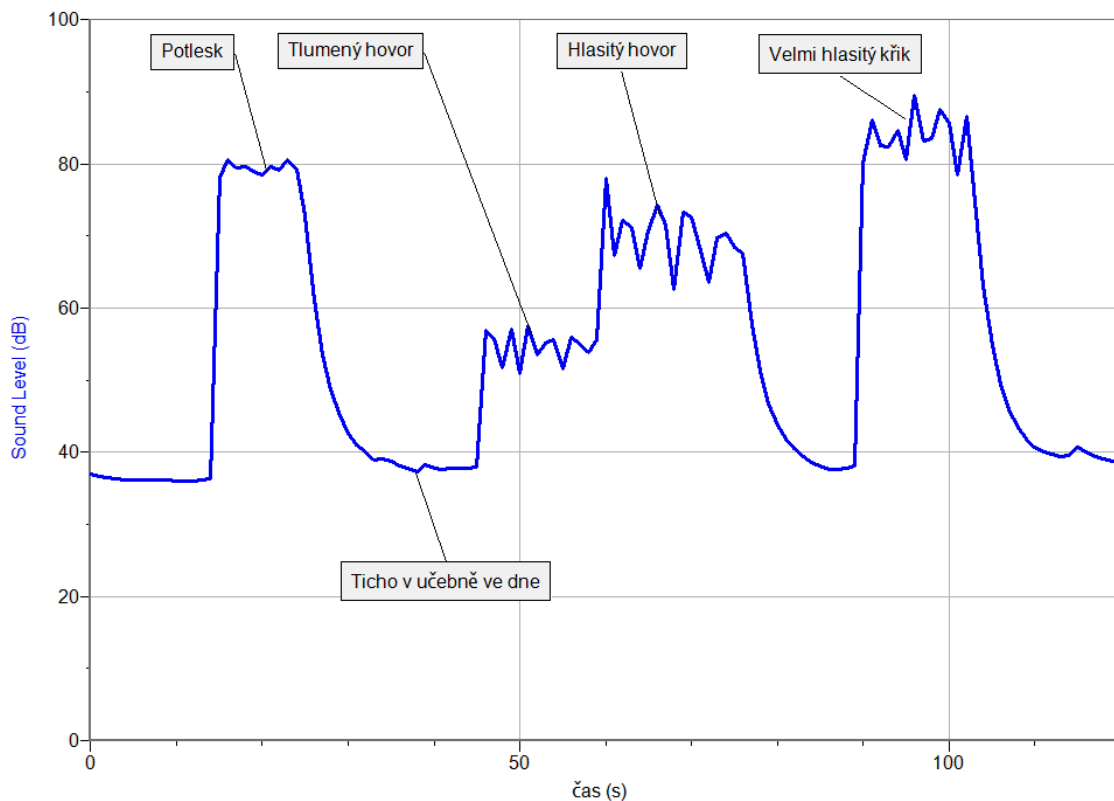


Schéma



Postup

1. Připojíme hlukoměr SLM-BTA do vstupu CH1 LabQuestu.
2. Zapneme LabQuest a nastavíme v menu Senzory – Záznam dat: Trvání: 120 s, Frekvence: 2 čtení/s. Dále zvolíme zobrazení grafu.
3. Nastavení hlukoměru SLM-BTA: Time Weiting – S (slow), Maximum Level Hold – RESET (průběžně zobrazuje), Frequency Weighting – A (pomalé změny).
4. Stiskneme tlačítko START (měření) na LabQuestu a postupně v 10 s intervalech zkusíme různé zvuky: ticho – potlesk – tlumený hovor – hlasitý hovor – velmi hlasitý hovor – křik.



5. Podobně zkusíme změřit:
 - a) hluk celého pracovního cyklu pračky;

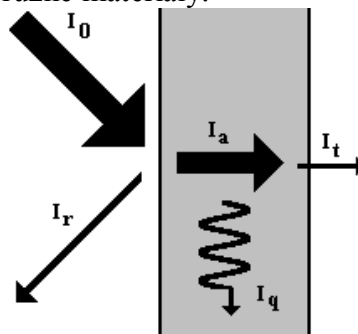
- b) hluk různých spotřebičů kolem nás – televize, rádio, zvuk ze sluchátek (přiložením hlukoměru ke sluchátkům), zvuk mobilního telefonu, hluk elektrovarné konvice (při měření hluku elektrovarné konvice můžeme připojit **wattmetr** a tím současně změřit i okamžik zapnutí a vypnutí);
- c) hluk ve škole – ve třídě, na chodbě,....;
- d) ticho – ve dne, v noci.

Doplňující otázky

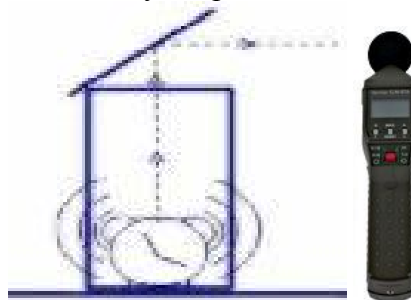
1. Kolikrát je „ticho“ hlučnější než práh slyšitelnosti?
2. Vyzkoušej, jak velké je „ticho“ uvnitř krabice?
3. Jaké je „ticho“ před oknem a za oknem?
4. Vyzkoušej odraz zvuku – v místnosti, na louce.
5. Změř, jak se mění hladina intenzity zvuku za bouřky.



6. Zkoumej, jak zvuk pohlcují různé materiály.



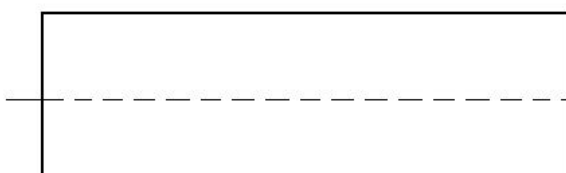
7. Vyzkoušej odraz zvuku pomocí desky. Např.:



8. Vyzkoušej naměřit v jeskyni hlasitost ozvěny.
9. U reproduktorové soustavy (stereo) zkus nalézt místo s nejsilnější hlasitostí.



10. Změř závislost hlasitosti na úhlu náklonu odrazné desky. Sestroj graf.



11. Změř směrovou charakteristiku reproduktoru.

(<http://fyzika.jreichl.com/index.php?sekce=browse&page=393>)

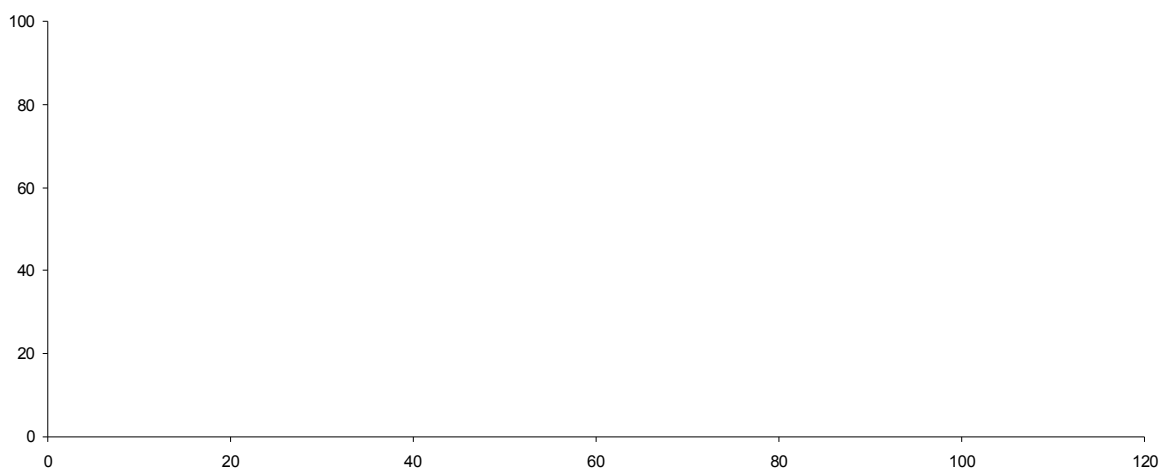
12. Změř frekvenční charakteristiku reproduktoru.

(<http://fyzika.jreichl.com/index.php?sekce=browse&page=392>)

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 6.16 Hlasitost	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i> Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

1. Měření hlasitosti:

Měření hluku



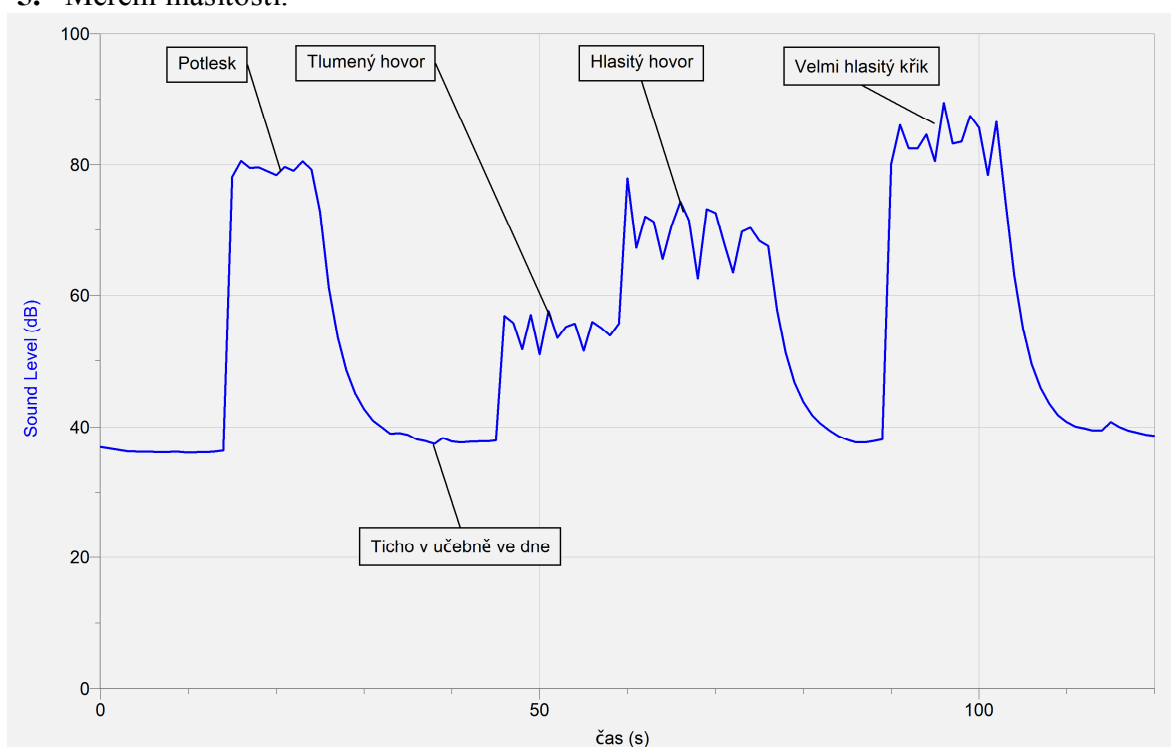
2. Změřte hluk ve třídě.

3. Změřte hluk na chodbě.

4. Změřte hluk na ulici.

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 6.16 Hlasitost	
Jméno:	Podmínky měření: Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

5. Měření hlasitosti:



6. Změřte hluk ve třídě.

42 dB

7. Změřte hluk na chodbě.

82 dB

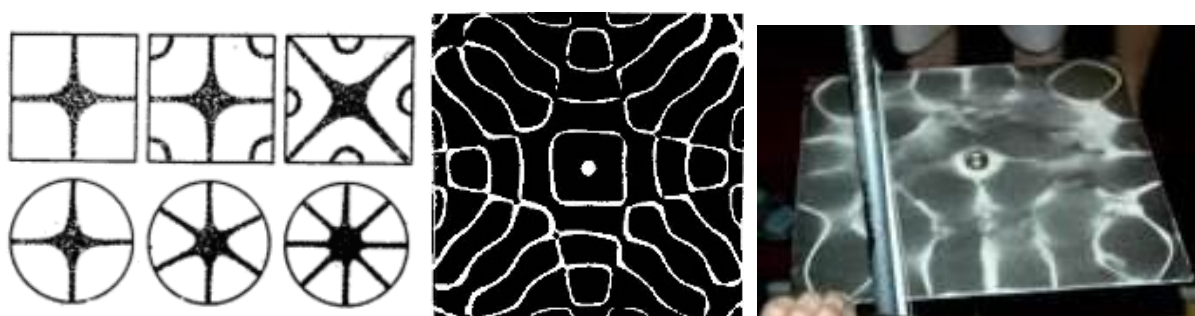
8. Změřte hluk na ulici.

53 dB

Fyzikální princip

Vlnění je přenos kmitání látkovým prostředím. Vlnění může být **příčné** nebo **podélné**. **Stojaté** vlnění vzniká složením (interferencí) postupné a odražené vlny. Některé body kmitají s maximální výchylkou (**kmitna**) a některé nekmitají (**uzel**). Uzly jsou ve vzdálenosti poloviny vlnové délky λ .

Chladniho obrazce vznikají na kovové desce posypané jemným pískem, kterou rozezvujeme smyčcem, případně reproduktory.



Od místa rozezvučení se šíří vlny deskou všemi směry, odrážejí se od okrajů a různě se skládají. Tím v desce vzniká stojaté vlnění, zrnka písku odskakují z kmitajících se částí a **hromadí se v uzlech**. Na desce vznikají různé obrazce, které závisí na tvaru a vlastnostech desky, na místě rozezvučení a především na **frekvenci** tónu. Čím **vyšší frekvence**, tím je obrazec složitější. Chladniho obrazce tak dokazují, že zdrojem zvuku jsou chvějící se tělesa.

Obrazce poprvé pozoroval **anglický fyzik Robert Hook** na skleněných deskách. Proslavil je, ovšem **německý fyzik Ernst Chladni** (1756-1827), který prováděl pokusy s tenkými kovovými deskami posypanými pískem, které rozezníval smyčcem. Když byly poprvé představeny v Paříži v Akademii věd, císař Napoleon slíbil kilogram zlata tomu, kdo je dokáže zdůvodnit.

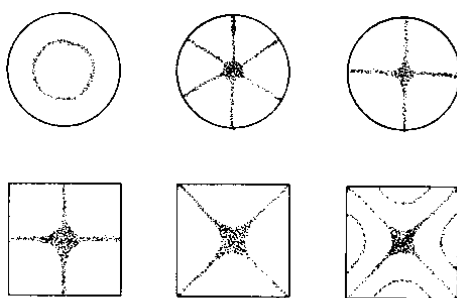


Figure 9-1. Chladni figures showing different vibration patterns for square and circular plates.

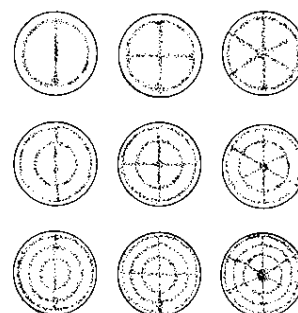


Figure 9-4. Various combinations of circumferential and radial wavenumbers occurring simultaneously.

Cíl

Demonstrovat Chladniho obrazce pomocí rezonančních desek, prstence, Určit veličiny vlnění – základní frekvence, vyšší harmonická frekvence, vlnová délka, rychlost šíření.

Pomůcky

LabQuest (jako generátor), zesilovač PAMP, basový reproduktor 8 Ω nebo elektro-mechanický vibrátor, rezonanční desky.



Schéma



Postup

1. **Připojíme** audio výstup LabQuestu ke vstupu zesilovače. Výstup zesilovače propojíme s elektromechanickým vibrátorem nebo basovým reproduktorem 8 Ω (ten je upraven tak, aby se chvění membrány mohlo přenášet na desku - pomocí tavné pistole přilepíme upínací přípravek).
2. **Zapneme** LabQuest a v základním menu **zvolíme** aplikaci – generátor funkcí (**Zesilovač**).
3. Signál zvolíme sinus, kmitočet nastavíme 10 Hz a napětí 5 V.
4. Na reproduktor připevníme rezonanční kruh a posypeme ho jemným pískem nebo moukou.
5. Zapneme generátor funkcí a postupně zvyšujeme kmitočet tak dlouho až zrnka mouky zaujmou nějaký obrazec.
6. Na LabQuestu měníme (zvyšujeme) postupně frekvenci. Pozorujeme a zakreslujeme změny.

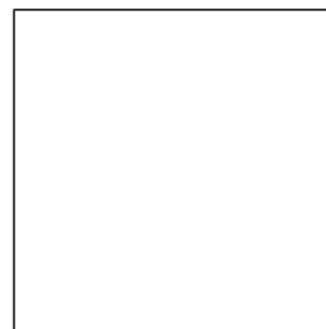
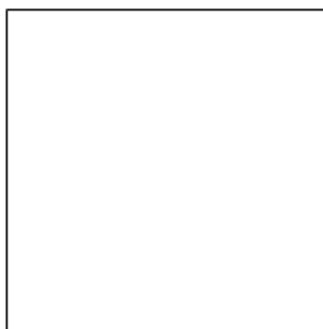
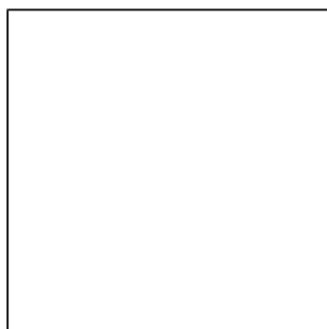
Doplňující otázky

1. Změníme rezonanční kruh na **čtverec**.
2. Stejně provedeme s **prstencem** ze struny.
3. Vyzkoušej jiná tělesa.

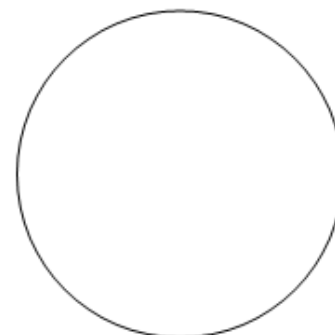
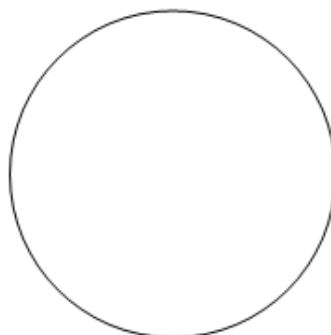
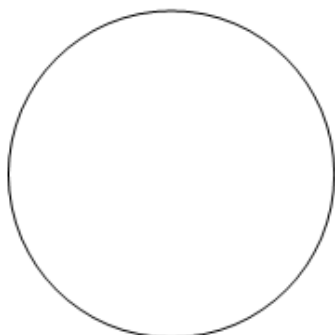


Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 6.17 Chladního obrazce	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i>
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

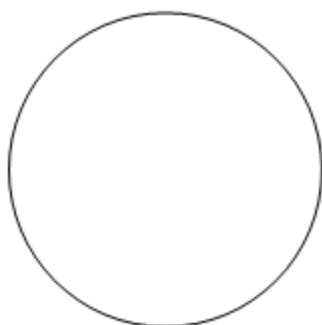
1. Chladního obrazce na čtvercové desce:



2. Chladního obrazce na kruhové desce:

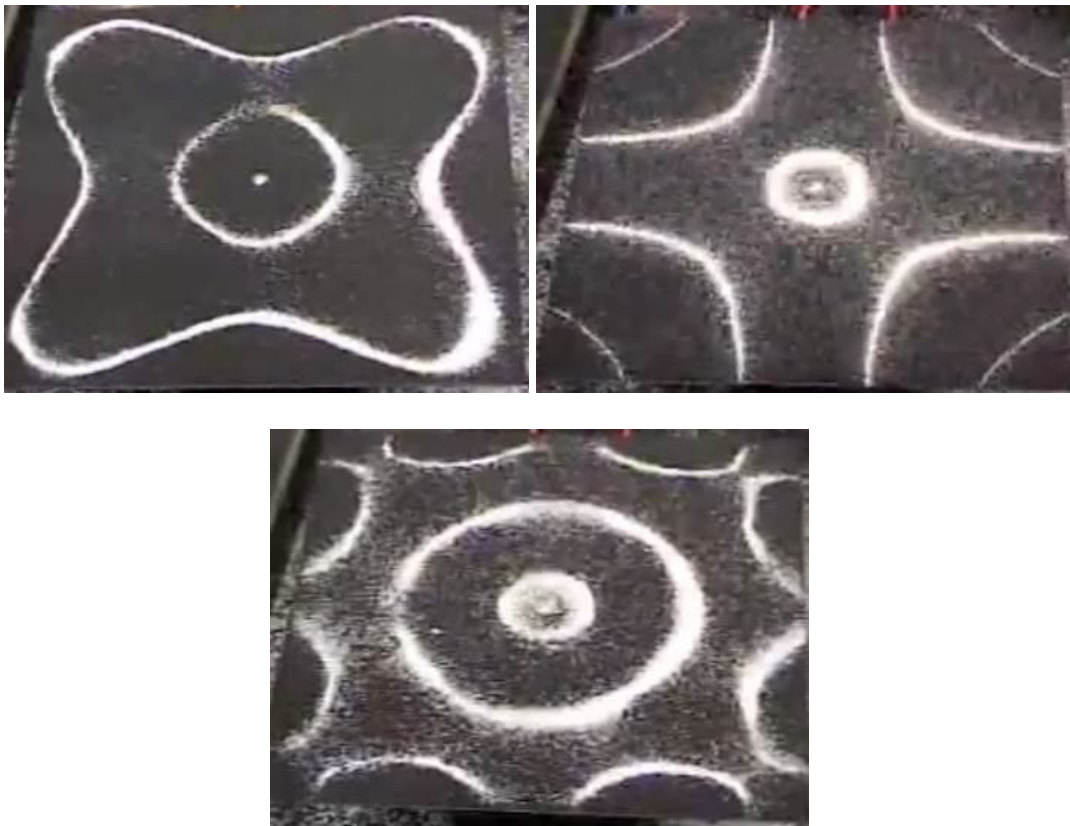


3. Chladního obrazec na drátěném prstenci:



Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 6.17 Chladního obrazce	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i>
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

1. Chladního obrazce na čtvercové desce:



2. Chladního obrazce na kruhové desce:





3. Chladniho obrazec na drátěném prstenci:



Fyzikální princip

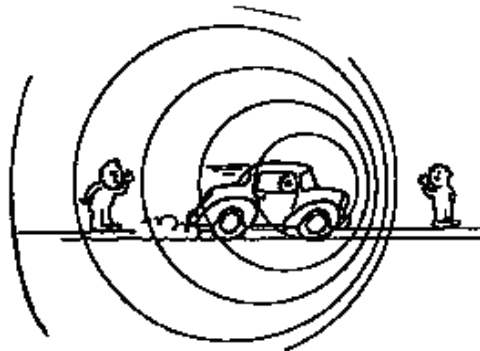
Dopplerův jev popisuje změnu **frekvence** a **vlnové délky** přijímaného signálu oproti vysílanému signálu, způsobenou nenulovou vzájemnou rychlostí vysílače a přijímače. Jev byl poprvé popsán Christianem Dopplerem v roce 1842. Jestliže pohyblivý zdroj (auto, motorka, vlak,...) vysílá signál s frekvencí f_0 , pak stojící pozorovatel jej přijímá s frekvencí

$$f = f_0 \frac{v}{v - v_{rel}},$$

kde v je rychlost vln v dané látce a v_{rel} relativní radiální rychlost zdroje vůči pozorovateli (kladná rychlost znamená přibližování, záporná vzdalování).



Christian Doppler
(1803-1853)



Cíl

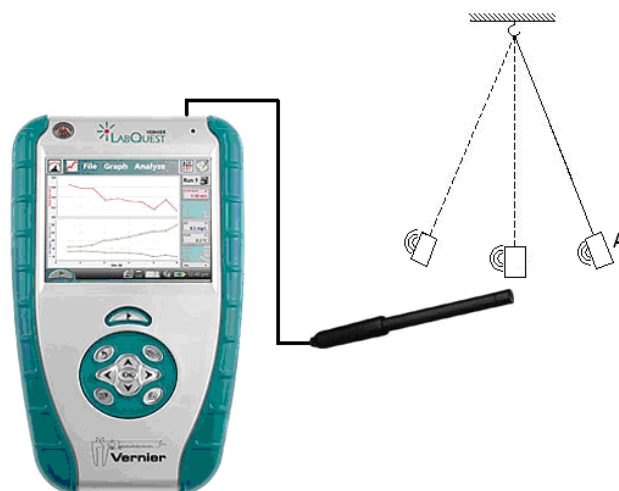
Ověřit Dopplerův jev. Určit kmitočet zdroje při přibližování a při vzdalování.

Pomůcky

LabQuest, mikrofon MCA-BTA, zdroj zvuku (sirénka, MP3,...), kyvadlo, senzor polohy a pohybu MD-BTD.

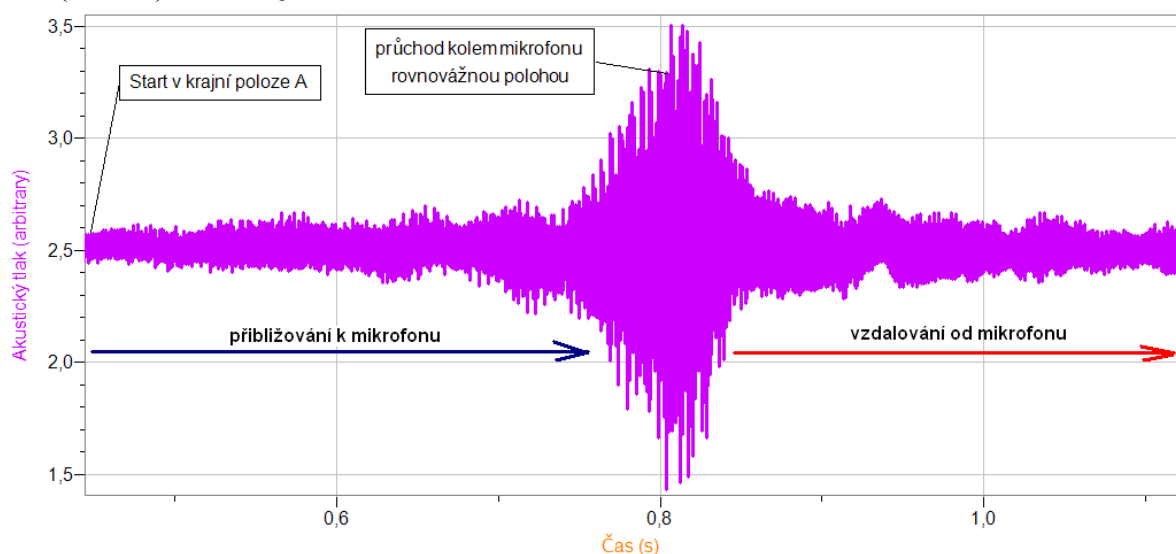


Schéma



Postup

1. **Senzor polohy a pohybu MD-BTD** zapojíme do konektoru DIG 1 LabQuestu. Na závěs zavěšíme sirénku.
2. Zapneme LabQuest.
3. Nastavíme v menu **Senzory – Záznam dat**: Trvání: 10 s, Frekvence: 20 čtení/s. Zvolíme zobrazení **Graf**.
4. Necháme kývat kyvadlo. **Stiskneme** tlačítko **START** (měření) na LabQuestu. Z naměřených hodnot určíme amplitudu rychlosti $v_m = \dots \frac{\text{m}}{\text{s}}$ a periodu $T = \dots \text{s}$. Uložíme měření.
5. Do vstupu CH 1 LabQuestu připojíme mikrofon MCA-BTA.
6. Nastavíme v menu **Senzory – Záznam dat**: Trvání: polovina periody (výše naměřená), Frekvence: 8 000 čtení/s. Zvolíme zobrazení **Graf**.
7. Mikrofon umístíme do rovnovážné polohy kyvadla. Zapneme sirénku. Kyvadlo vychýlíme do krajní polohy A, pustíme ho a současně stiskneme tlačítko **START** (měření) na LabQuestu.



8. Na dotykové obrazovce v oblasti „přibližován k mikrofonu“ si označíme „tažením“ pomocí dotykového pera (stylus) část diagramu a v menu Analýza – FFT zvolíme Akustický tlak (FFT = Fast Fourier Transform). Zapišeme si frekvenci $f_1 = \dots$ Hz „Špičku“. Stejně provedeme analýzu v části „vzdalování od mikrofonu“. Tím jsme určili frekvence při přibližování f_1 (měla by být větší) a při vzdalování f_2 .
9. Opakujeme bod 7. a 8. pro kyvadlo v klidu. Určíme tím frekvenci sirénky f_0 , když je v klidu (měla by mít hodnotu mezi frekvencemi f_1 a f_2).
10. Z kmitočtů f_0, f_1, f_2 a rychlosti zvuku vypočítáme rychlost pohybu kyvadla.
11. Měření můžeme několikrát opakovat pro jiné sirénky nebo výchylky (jiná rychlost).

Doplňující otázky

1. Měření můžeme obrátit: Zdroj zvuku Z je v klidu (reproduktor, ladička 440 Hz) a přijímač zvuku se pohybuje – LabQuest zavěšený na kyvadle; využijeme při měření vnitřní mikrofon (menu Senzory – Nastavení senzorů volba INT – Vnitřní mikrofon). POZOR při pohybu LabQuestu na jeho poškození!!!!
2. Můžeme nahrát zvuk troubícího kolem stálou rychlostí jedoucího auta a provést jeho analýzu.