

Gymnázium, Havířov-Město, Komenského 2, příspěvková organizace

Monika
Bouchalová

LABORATORNÍ CVIČENÍ Z FYZIKY

Pro druhý ročník
gymnázíí



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tato publikace vznikla v rámci projektu OPVK
„PODPORA CHEMICKÉHO A FYZIKÁLNÍHO VZDĚLÁVÁNÍ NA GYMNÁZIUM
KOMENSKÉHO V HAVÍŘOVĚ“, registrační číslo: CZ.1.07/1.1.24/01.0114



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdelávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Autor: Mgr. Monika Bouchalová

Recenze:

Jazyková korektura: Mgr. Gabriela Chupáčová

© Bouchalová Monika, 2013

Vydal

ISBN

OBSAH

Řád učebny a laboratoře fyziky	4
Organizace laboratorních cvičení	5
Cvičení 1 Zákony statického a kinetického tření	7
Cvičení 2 Určování hustoty pevného tělesa, chyby měření.....	10
Cvičení 3 Rovnoměrný a zrychlený pohyb	13
Cvičení 4 Určení měrné tepelné kapacity pevné látky	14
Cvičení 5 Měření výtokové rychlosti kapaliny	16
Cvičení 6a Měření tlaku plynu v závislosti na objemu	20
Cvičení 6b Měření tlaku plynu v závislosti na teplotě	22
Cvičení 7 Měření průměru molekuly kyseliny olejové	24
Cvičení 8 Kruhový děj – spalovací motory	27
Cvičení 9 Měření modulu pružnosti v tahu z průhybu tyče	29
Cvičení 10 Deformace pevných těles, roztažnost	32
Cvičení 11 Určení povrchového napětí kapaliny	34
Cvičení 12 Změny skupenství	37
Cvičení 13 Určení setrvačné hmotnosti tělesa.....	39
Cvičení 14 Zvuk.....	42
Cvičení 15 Měření hlasitosti	44
Vzor protokolu	46
Informační zdroje.....	47

ŘÁD UČEBNY A LABORATOŘE FYZIKY

1. Žák je povinen se při práci v učebně a při přípravě na vyučování řídit pokyny vyučujícího.
2. Do učebny vstupuje jen se souhlasem vyučujícího.
3. Své místo v učebně udržuje každý žák v čistotě a pořádku. Na lavici jsou rozloženy pouze ty věci, které jsou nezbytně potřebné k zadané činnosti.
4. Žák je povinen před začátkem prováděné činnosti zkontrolovat stav svého místa, pracovních pomůcek a přístrojů. Závady a nedostatky je žák povinen nahlásit svému vyučujícímu.
5. Žák zachází se zařízením učebny, pomůckami a přístroji opatrně a šetrně a podle pokynů vyučujícího.
6. V učebně se smí provádět pouze práce, které jsou nařízeny či povoleny vyučujícím a pod jeho dozorem.
7. Žákům je zakázáno dotýkat se pomůcek připravených na vyučování a odnášet z učebny jakékoliv učební pomůcky, přibližovat se k rozvaděči elektrického proudu a k elektrickým zásuvkám.
8. V učebně se musí zachovávat klid a pořádek, všichni jsou povinni pracovat soustředěně podle návodu a pokynů vyučujícího, používat potřebné osobní ochranné pracovní prostředky, sledovat celý průběh prováděné operace.
9. V učebně je přísně zakázáno jíst a pít.
10. Každou mimořádnou událost (poškození pomůcky, vysypání či vylití látky, zasažení očí a kůže, požití, nadýchání, úraz apod.) je student povinen nahlásit svému vyučujícímu, který zajistí potřebná opatření, včetně poskytnutí první pomoci.
11. Po ukončení práce jsou žáci povinni uklidit používané učební pomůcky na stanovené místo, uzavřít okna a podle pokynů vyučujícího přenést použité pomůcky do kabinetu fyziky.
12. Z místnosti učebny žáci odchází na pokyn vyučujícího.

ORGANIZACE LABORATORNÍCH CVIČENÍ

Cílem laboratorní práce je seznámit se teoreticky se základními fyzikálními experimentálními metodami a postupy při zpracování výsledků měření a takto nabyté vědomosti pak aplikovat na jednoduchých praktických úlohách zaměřených na učivo fyziky prvního a druhého ročníku gymnázia.

Při práci ve školní fyzikální laboratoři se studenti řídí Řádem učebny a laboratoře fyziky a bezpečnostními předpisy, se kterými jsou seznámeni první hodinu, a svým podpisem stvrdí, že byli v tomto smyslu náležitě poučeni.

Organizace laboratorních cvičení:

1. Do laboratorních prací přijďte připraveni: písemná příprava bude obsahovat odpovědi na teoretické úlohy; s praktickou úlohou budete seznámeni tak, abyste byli schopni vysvětlit, co a jak budete měřit, a říct svou představu o výsledcích měření. Tato příprava bude tématem úvodního přezkoušení.
2. Při měření se řiďte postupem a pokyny vyučujícího.
3. Každé zapojení čidel nechejte zkontrolovat vyučujícím.
4. Zpracovaný protokol odevzdejte při následujícím termínu laboratorních prací v tištěné i elektronické verzi.

Protokol musí obsahovat:

- hlavičku
 - název školy
 - téma a číslo laboratorního cvičení
 - datum měření, datum odevzdání
 - jméno žáka a spolupracovníka
 - třídu a skupinu
 - seznam použitých pomůcek
 - odpovědi na teoretické úlohy
 - princip a metodu měření, popřípadě nákres měření
 - tabulky s naměřenými hodnotami
 - statistické zpracování výsledků měření, popřípadě grafy z EdLabu, tabulkového procesoru (MS Excel, OpenOffice.org Calc) nebo grafy vypracovány na milimetrový papír
 - zhodnocení výsledků měření v závěru
5. V případě nepřítomnosti vypracujte protokol zaměřený pouze na teoretickou část.

**LABORATORNÍ CVIČENÍ Z FYZIKY
PRO DRUHÝ ROČNÍK GYMNÁZIÍ**

CVIČENÍ 1 | ZÁKONY STATICKÉHO A KINETICKÉHO TŘENÍ

TEORETICKÁ ÚLOHA

1. Co je to smykové tření?
2. Kdy vzniká třecí síla? Popište její směr a působíště.
3. Na čem závisí velikost třecí síly?
4. V MFČHT najděte a uveďte velikost součinitele smykového tření z klidu a v pohybu pro pět různých materiálů.
5. Konkrétně popište pět dějů, kdy je tření užitečné.
6. Konkrétně popište pět případů nežádoucího tření.

PRAKTICKÁ ÚLOHA

7. Ověřte, zda velikost třecí síly závisí
 - a) na jakosti styčných ploch,
 - b) na hmotnosti tělesa,
 - c) na obsahu styčných ploch,
 - d) na pohybovém stavu tělesa.

POMŮCKY

Ze SEK Mechanika: těleso pro pokusy se třením a setrvačností (dřevěný kvádr), plastová podložka, závaží (50 g, 100 g), magnetická podložka, proužek sametového papíru.

SEK podstavná deska, list papíru.

ICT pomůcky: software EdLab, notebook, řídicí jednotka, čidlo – siloměr se 2 rozsahy.

TEORETICKÝ ROZBOR ÚLOHY

Vlastnosti třecí síly:

1. Při nízké rychlosti nezávisí její velikost na velikosti rychlosti pohybu tělesa.
2. Velikost třecí síly nezávisí na obsahu styčných ploch.

3. Velikost třecí síly je přímo úměrná velikosti kolmé tlakové síly F_n .

$$F_t = f \cdot F_n$$

f – součinitel smykového tření - závisí na jakosti styčných ploch a na jejich drsnosti

F_n – normálová síla (kolmá k podložce) je v případě vodorovné podložky totožná s tíhovou silou působící na těleso

4. Síla potřebná k uvedení tělesa do pohybu je větší než síla, která těleso udržuje v rovnoměrném přímočarém pohybu.
5. Mezi tělesem a podložkou působí v klidu klidové tření.

f_0 součinitel smykového tření v klidu je za stejných podmínek větší než f .

POSTUP

1. Zapojte čidlo siloměru s rozsahem ± 10 N do řídicí jednotky vstupu CON1.
Nastavte měření na 10 s s periodou 100 ms.
2. Připevněte třecí povrch na SEK desku za použití magnetické podložky.
3. Tahejte nezatížené těleso po třecím povrchu rovnoměrnou silou (obrázky 1a-1c).
4. U všech případů povrchů změřte statickou třecí sílu F_{ST} (když je kvádr v klidu) a kinematickou třecí sílu F_{KI} (když je kvádr v pohybu). Zapište tyto hodnoty do tabulky 1.
5. Opakujte měření s přídatnými 100 g a 100 g + 50 g závažími vloženými do otvorů v kvádru a zapište výsledky do tabulky 1.

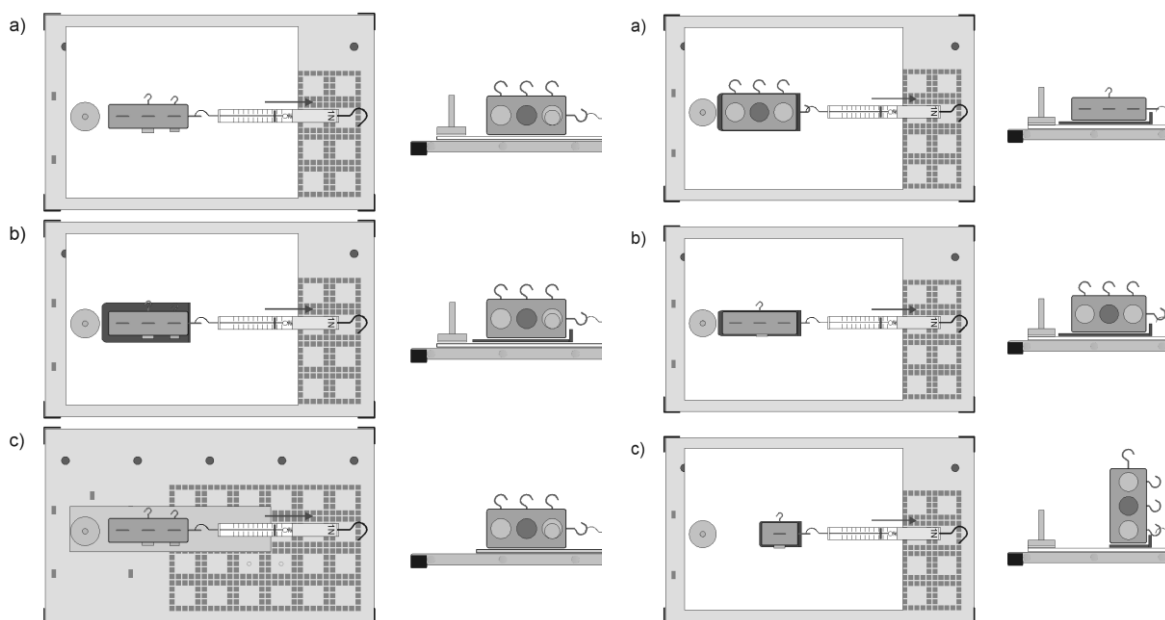
Tabulka č. 1

Závaží g	$\frac{F_n}{N}$	Třecí povrchy	$\frac{F_{ST}}{N}$	f_0	\bar{f}_0	Symbol na grafu	$\frac{F_{KI}}{N}$	f	\bar{f}	Symbol na grafu
0		Dřevo na papíře				●				○
100										
150										
0		Dřevo na plastu				▲				△
100										
150										
0		Dřevo na sametovém papíře				■				□
100										
150										

6. Vytvořte v Excelu graf statické třecí síly F_{ST} a kinetické třecí síly F_{KI} v závislosti na normálové síle F_n . Použijte symboly dané v tabulce.
7. Spočítejte součinitel smykového tření v klidu f_0 a součinitel smykového tření f .
Vypočítejte jejich průměrnou hodnotu. Zapište do tabulky 1.
8. Z měření softwarem EdLaB vyberte pro každý případ jeden graf a vložte do protokolu.
9. Zkoumejte, jak tření závisí na velikosti kontaktního povrchu pomocí dřevěného kvádru se 100 g závažím. (obrázky 2a-2c).
10. U každého případu změřte statické tření F_{ST} a kinetické tření F_{KI} a zapište výsledky do tabulky 2.

Tabulka č. 2

Třecí povrchy	Kontaktní plocha	$\frac{F_{ST}}{N}$	$\frac{F_{KI}}{N}$
Dřevo na plastu	Velká		
	Střední		
	Malá		
Dřevo na sametovém papíře	Velká		
	Střední		
	Malá		



Obrázek č. 1 – Dřevěný kvádr na
a) papíře,
b) plastové podložce,
c) sametovém papíře.

Obrázek č. 2 – Kontaktní povrchy
a) velké,
b) střední,
c) malé .

ZÁVĚR

Zhodnoťte naměřené hodnoty, vyslovte závěr, okomentujte grafy.

TEORETICKÁ ÚLOHA

1. Popište přímou a nepřímou metodu měření fyzikálních veličin. Uveďte příklad.
2. Popište absolutní a relativní metodu měření. Uveďte příklad.
3. Rozdělte a popište chyby měření.
4. Vyhledejte na internetu, na jakém principu jsou založeny laserové měřiče vzdáleností a kde se používají. Zjistěte, s jakou přesností pracují a jaká je relativní odchylka například při měření vzdálenosti 30 m.

PRAKTICKÁ ÚLOHA

5. Určete hustotu kvádru pomocí vážení a měření objemu metodou opakovaného měření délky.
6. Naměřené hodnoty zpracujte s použitím Excelu.
7. Porovnejte výsledky měření s tabulkovými hodnotami hustot a určete materiál, ze kterého je předmět vyroben.

POMŮCKY

Kvadr, posuvné měřítko, digitální váhy, MFCHT.

ICT pomůcky: notebook, MS Word, MS Excel.

TEORETICKÝ ROZBOR ÚLOHY

Hustota tělesa je hmotnost připadající na jednotku objemu daného tělesa.

Je-li těleso stejnorodé, vypočítáme hustotu jako podíl hmotnosti a objemu.

$$\rho = \frac{m}{V}$$
$$[\rho] = \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

Objem pravidelného geometrického tělesa vypočtete z jeho rozměrů. V našem případě:

a,b,c – délky hran kvádru

$$V = a \cdot b \cdot c$$

POSTUP

1. Vážením na digitální váze zjistěte hmotnost tělesa.
2. V Excelu vytvořte tabulku pro 5 měření délek hran.
3. Změňte rozměry tělesa posuvným měřítkem.
4. Vypočítejte hustotu tělesa a chybu měření pomocí vzorců a funkcí programu Excel.
5. Pomocí tabulek určete materiál, ze kterého je předmět vyroben.

MĚŘENÍ

1. naměřená hodnota hmotnosti $m_v = \dots\dots\dots g$

2. relativní odchylka měření hmotnosti: $\varepsilon_m = 0,1 \%$

3. absolutní odchylka hmotnosti

$$\delta_m = \frac{\varepsilon_m \cdot m}{100 \%} \quad \delta_m = \dots\dots\dots g$$

$$m = (m_v \pm \delta_m) g \quad m = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) g$$

Tabulka č. 1 – Délky hran kváдру

Číslo měření	$\frac{a}{mm}$	$\frac{\Delta a}{mm}$	$\frac{\Delta^2 a}{mm^2}$	$\frac{b}{mm}$	$\frac{\Delta b}{mm}$	$\frac{\Delta^2 b}{mm^2}$	$\frac{c}{mm}$	$\frac{\Delta c}{mm}$	$\frac{\Delta^2 c}{mm^2}$
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									

Určete pro $x = a, b, c$:

4. aritmetické průměry

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$\bar{a} = \dots\dots mm$$

$$\bar{b} = \dots\dots mm$$

$$\bar{c} = \dots\dots mm$$

5. odchylky jednotlivých měření

$$\Delta x_i = x_i - \bar{x}$$

(viz. tabulka)

6. průměrné odchylky

$$\Delta x = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta x_i|}{n}$$

$$\Delta a = \dots\dots mm$$

$$\Delta b = \dots\dots mm$$

$$\Delta c = \dots\dots mm$$

7. směrodatná (standardní) odchylka aritmetického průměru

$$\delta_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta^2 x_i}{n(n-1)}}$$

$$\delta_a = \dots\dots mm$$

$$\delta_b = \dots\dots mm$$

$$\delta_c = \dots\dots mm$$

8. standardní relativní odchylky

$$\varepsilon_x = \frac{\delta_x}{\bar{x}} \cdot 100 \%$$

$$\varepsilon_a = \dots\dots \%$$

$$\varepsilon_b = \dots\dots \%$$

$$\varepsilon_c = \dots\dots \%$$

9. pravděpodobná hodnota objemu tělesa $\bar{V} = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c}$ $\bar{V} = \dots\dots mm^3$
 $\bar{V} = \dots\dots cm^3$

10. hustota tělesa $\bar{\rho} = \frac{m}{\bar{V}}$ $\bar{\rho} = \dots\dots\dots g \cdot cm^{-3}$

11. relativní odchylka hustoty $\varepsilon = \varepsilon_a + \varepsilon_b + \varepsilon_c + \varepsilon_m$ $\varepsilon = \dots\dots \%$

12. absolutní odchylka hustoty $\delta_\rho = \frac{\varepsilon \cdot \bar{\rho}}{100\%}$ $\delta_\rho = \dots\dots\dots g \cdot cm^{-3}$

13. výsledek $\rho = (\bar{\rho} \pm \delta_\rho) g \cdot cm^{-3}$ $\rho = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) g \cdot cm^{-3}$
 $\rho = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) kg \cdot m^{-3}$

14. relativní odchylka měření hustoty $\varepsilon = \frac{\delta_\rho}{\bar{\rho}} \cdot 100\%$ $\varepsilon = \dots\dots \%$

ZÁVĚR

Srovnajte výsledky měření s hodnotami hustot uvedenými v tabulkách.

Diskutujte o chybách měření a jejich velikostech.

CVIČENÍ 3 | ZRYCHLENÝ POHYB

TEORETICKÁ ÚLOHA

1. Rozeberte velikost gravitačního zrychlení na povrchu Země v závislosti na poloze.
2. Odvodte vztahy pro výpočet celkového zrychlení při zrychleném pohybu na povrchu Země směrem svisle vzhůru a dolů.
3. Vysvětlete rozdíl mezi tíhovou silou a gravitační silou. Graficky znázorněte.
4. Zjistěte, jak se udává schopnost akcelerace u osobních automobilů. U tří vybraných modelů automobilu vypočtete maximální zrychlení v $m \cdot s^{-2}$ a porovnej jejich obsahy válců a výkony motoru. Zhodnoťte v závěru.

PRAKTICKÁ ÚLOHA

5. Změřte velikost tíhového zrychlení.
6. Změřte velikost zrychlení při běžeckém startu a ve skupině porovnejte.
7. Změřte zrychlení při poskakování v podřepu a při napnutých kolenech.

POMŮCKY

ICT pomůcky: software EdLab, notebook, řídicí jednotka, čidlo pro měření zrychlení – akcelerometr.

POSTUP

1. Zapojte čidlo pro měření zrychlení do řídicí jednotky vstupu CON 1.
2. Otáčejte čidlem v různých směrech a zkoumejte velikost příslušné složky tíhového zrychlení v závislosti na směru šipky vyznačené na čidle. Vyslovte závěr.
3. Spustíte program pro měření EdLab. Nastavte měření na 3 s s periodou 200 ms. Čidlo vynulujte a připevněte k pasu. Pohyb provádějte ve směru šipky na čidle.
4. Měřte zrychlení při startu (po dobu 3 s) každého ve skupině.
5. Zapište do tabulky.

Tabulka – Měření zrychlení.

student	$\frac{a}{ms^{-2}}$
1	
2	
3	

6. Jeden z grafů z prostředí EdLabu přiložte k protokolu. Zhodnoťte.
7. Nastavte měření na 5 s s periodou 100 ms. Připevněte si čidlo akcelerometru k pasu tak, aby jeho šipka směřovala svisle dolů.
8. Po dobu měření poskakujte jednou s pokrčenými koleny a jednou na špičkách.
9. Grafy z prostředí EdLabu přiložte k protokolu, komentujte křivky.

CVIČENÍ 4 | URČENÍ MĚRNÉ TEPELNÉ KAPACITY PEVNÉ LÁTKY

TEORETICKÁ ÚLOHA

1. Uveďte jaké důsledky má vysoká měrná tepelná kapacita vody v přírodě.
2. Uveďte jeden příklad využití vysoké měrné tepelné kapacity vody v technické praxi.
3. Popište princip kalorimetrického měření.
4. Sestavte kalorimetrickou rovnici, probíhá-li tepelná výměna mezi teplejším tělesem vhozeným do chladnější kapaliny v kalorimetru a kapalinou. Odvoďte vztah pro výpočet měrné tepelné kapacity tělesa. Využijte značení z teoretického rozboru níže.
5. Jaký by byl postup měření, kdyby zkoumané těleso bylo chladnější a kapalina v kalorimetru teplejší?
6. Sestavte kalorimetrickou rovnici pro tento případ.

PRAKTICKÁ ÚLOHA

7. Určete měrnou tepelnou kapacitu pevné látky užitím směšovacího kalorimetru.
8. Porovnejte výsledek měření s tabulkovými hodnotami a určete materiál, ze kterého je předmět vyroben.

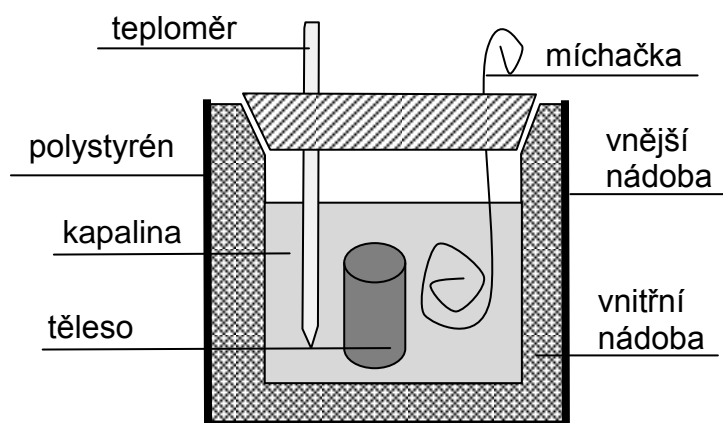
POMŮCKY

Směšovací kalorimetr, teploměr, váhy, ohříváč s vodní lázní, kovový předmět.

ICT pomůcky: software MS Word, EdLab, notebook, řídicí jednotka, čidlo – teploměr.

TEORETICKÝ ROZBOR ÚLOHY

Při určování měrné tepelné kapacity využijte kalorimetr.



Obrázek č. 1 – Směšovací kalorimetr

- m_1 hmotnost teplejšího tělesa,
 c_1 měrná tepelná kapacita daného tělesa,
 t_1 počáteční teplota teplejšího tělesa,

m_2 hmotnost kapaliny v kalorimetru,
 c_2 měrná tepelná kapacita kapaliny,
 t_2 počáteční teplota kapaliny a kalorimetru,
 t výsledná teplota soustavy po dosažení rovnovážného stavu,

C_k tepelná kapacita kalorimetru,
 c_k měrná tepelná kapacita kalorimetru (Al),
 m_k hmotnost nádoby kalorimetru;

$$C_k = c_k m_k$$

POSTUP:

1. Určete hmotnost tělesa m_1 , hmotnost kapaliny m_2 a hmotnost vnitřní části kalorimetru s míchačkou m_k metodou postupného vážení.
2. Najděte v tabulkách hodnoty c_2 a c_k .
3. Připravte kalorimetr s vodou.
4. Zapojte čidlo teploměru do řídicí jednotky, spusťte program EdLab a nastavte čas měření na 3 minuty.
5. Vložte čidlo teploměru do kalorimetru a spusťte měření, změřte teplotu t_2 .
6. Ohřejte těleso na teplotu t_1 ve vodní lázni, teplotu t_1 změřte.
7. Rychle přeneste těleso do kalorimetru a po ustálení teploty odečtěte teplotu t .
8. Naměřené hodnoty dosaďte do kalorimetrické rovnice a vypočtěte hodnotu měrné tepelné kapacity tělesa c_1 .
9. Pomocí tabulek zjistěte, o jakou látku se jedná.

Tabulka č. 1 - Naměřené hodnoty

m_k	c_k	m_1	t_1	m_2	t_2	c_2	t
kg	J.kg ⁻¹ .K ⁻¹	kg	°C	kg	°C	J.kg ⁻¹ .K ⁻¹	°C

ZÁVĚR

Uvažujte, kde při měření podle postupu došlo k největším ztrátám tepla, které mohly ovlivnit výsledek měření.

Zjistěte u vyučujícího z jaké látky je těleso vyrobeno a srovnejte hodnotu c_1 s tabulkovou hodnotou.

CVIČENÍ 5 | MĚŘENÍ VÝTOKOVÉ RYCHLOSTI KAPALINY

TEORETICKÁ ÚLOHA

1. Na čem závisí velikost rychlosti vytékání kapaliny otvorem z nádoby?
2. Odvodte vztah pro výpočet velikosti výtokové rychlosti na základě zákona zachování a přeměny energie. Popište získaný vztah.
3. Definujte objemový průtok.
4. Odvodte vztah pro výpočet velikosti výtokové rychlosti pomocí délky vodorovného vrhu.
5. Zjistěte, jak rozdělujeme vodní elektrárny z hlediska spádu.
6. Popište Kaplanovu turbínu a vyhledejte, pro jaké spády se využívá.
7. Jaké jsou v ČR podmínky pro využití energie vody při výrobě elektrické energie?
8. Jaký je podíl vodních elektráren na výrobě elektřiny v ČR?
9. Vyhledejte na internetu, v které zemi se vodní elektrárny vysoce podílejí na výrobě elektrické energie.

PRAKTICKÁ ÚLOHA

10. Ověřte závislost výtokové rychlosti kapaliny na výšce hladiny h nad otvorem měřením dostřiku D (dálky vrhu) kapaliny. Pozorujte a komentujte závislost dostřiku (délky vrhu) na výšce hladiny i v souvislosti s výtokovou rychlostí. Porovnejte výtokové rychlosti získané výpočtem podle Torricelliho vzorce a pomocí délky vodorovného vrhu.
Vytvořte v Excelu:
 - a) graf závislosti výtokové rychlosti kapaliny na výšce hladiny nad otvorem.
 - b) graf závislosti dostřiku na výtokové rychlosti kapaliny.
11. Změřte výtokovou rychlost pomocí objemového průtoku. Určete chybu měření.
12. Změřte výtokovou rychlost pomocí dostřiku. Určete chybu měření.

POMŮCKY

Plastová láhev o objemu 2 l, jehlice o průměru 2 až 4 mm, nůžky, délkové milimetrové měřidlo, podstavec, stopky-hodinky, odměrný válec 250 cm³, kádinka.

ICT pomůcky: notebook, software MS Word, MS Excel.

TEORETICKÝ ROZBOR PRAKTICKÉ ÚLOHY

1. Pro výtokovou rychlost platí vztah vyplývající ze zákona zachování energie.
 h – hloubka výtokového otvoru pod hladinou,
 ρ – hustota kapaliny,
 g – tíhové zrychlení;

Torricelliho vzorec (výpočetní vztah 1)

$$v_t = \sqrt{2hg}$$

2. Výtokovou rychlost můžeme vyjádřit pomocí objemového průtoku

V – objem vyteklé vody,

t – doba vytékání,

S – průřez otvoru;

Odtud vyplývá: (výpočetní vztah 2)

$$v_{op} = \frac{4V}{\pi d^2 t}$$

3. Výtokovou rychlost můžeme vyjádřit také pomocí délky vodorovného vrhu, který částice vody konají po opuštění nádoby:

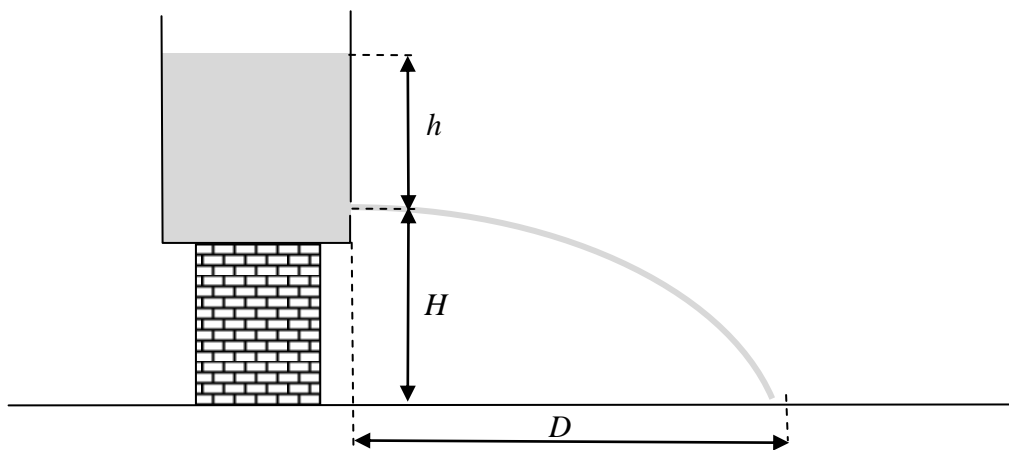
D – délka vrhu,

H – výška vrhu,

g – tíhové zrychlení;

Odtud vyplývá: (výpočetní vztah 3)

$$v_v = D \sqrt{\frac{g}{2H}}$$



Obrázek č. 1 – Nákres měření

POSTUP

1. Upravte plastovou láhev odstřížením hrdla a vytvořením kruhového výtokového otvoru v dolní části láhve.
2. Změřte průměr otvoru d .
3. Na lahvi vyznačte pravidelně rysky pro snadnější odečet vzdálenosti hladiny a otvoru.

4. Měřte výšku h a současně měřte délku vrhu D (Tab. 1). Uskutečňte 10 měření.
5. Pomocí daných vztahů vypočítejte výtokovou rychlosti v_t a v_v .
6. Výpočty proveďte v Excelu. Vytvořte příslušné grafy závislosti:
 - a) výtokové rychlosti kapaliny na výšce hladiny nad otvorem,
 - b) délky vrhu na výtokové rychlosti kapaliny.
7. Uskutečňte 10 měření se stejným otvorem a stejnou výškou hladiny, kterou při měření dodržujte doléváním vody. Po dobu t zachytávejte do odměrného válce vytékající vodu a zjišťujte její objem V . (Tab. 2).
8. Při zvolené výšce vrhu H a stálé výšce h hladiny v lahvi změřte délku vrhu D . Proveďte 10 měření. (Tab. 3).
9. Pro každou metodu určete průměrnou hodnotu výtokové rychlosti a chybu měření. Výpočty proveďte v Excelu.

ÚKOL 10

$$v_t = \sqrt{2hg}$$

$$v_v = D\sqrt{\frac{g}{2H}}$$

Výška vrhu: $H = \dots\dots\dots$ m

Tabulka č. 1 – Závislost výtokové rychlosti na výšce hladiny

Číslo měření	$\frac{h}{m}$	$\frac{D}{m}$	$\frac{v_t}{m \cdot s^{-1}}$	$\frac{v_v}{m \cdot s^{-1}}$
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				

a) GRAF závislosti výtokové rychlosti kapaliny na výšce hladiny nad otvorem.

b) GRAF závislosti délky vrhu na výtokové rychlosti kapaliny.

ÚKOL 11

Průměr otvoru: $d = \dots\dots\dots$ m

$$v_{op} = \frac{4V}{\pi d^2 t}$$

Výška hladiny nad otvorem: $h = \dots\dots\dots$ m

Tabulka č. 2 – Měření výtokové rychlosti z objemového průtoku

Číslo měření	$\frac{t}{s}$	$\frac{V}{10^{-6}m^3}$	$\frac{v_{op}}{m \cdot s^{-1}}$	$\frac{\Delta v_{op}}{m \cdot s^{-1}}$
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				

$$\bar{v}_{op} = \frac{\sum_{i=1}^{10} v_{op}}{10}$$

$$\Delta v_{iop} = \bar{v}_{op} - v_{iop}$$

$$\Delta \bar{v}_{op} = \frac{\sum_{i=1}^{10} |\Delta v_{iop}|}{10}$$

$$\delta v_{op} = \frac{\Delta \bar{v}_{op}}{\bar{v}_{op}} \cdot 100 \%$$

$$v_{op} = (\dots \pm \dots) m \cdot s^{-1}$$

$$\delta v_{op} = \dots \%$$

ÚKOL 12

Výška vrhu: H = m

$$v_v = D \sqrt{\frac{g}{2H}}$$

Tabulka č. 3 – Měření výtokové rychlosti pomocí délky vrhu

Číslo měření	$\frac{D}{m}$	$\frac{v_v}{m \cdot s^{-1}}$	$\frac{\Delta v_v}{m \cdot s^{-1}}$
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

$$\bar{v}_v = \frac{\sum_{i=1}^{10} v_v}{10}$$

$$\Delta v_{iv} = \bar{v}_v - v_{iv}$$

$$\Delta \bar{v}_v = \frac{\sum_{i=1}^{10} |\Delta v_{iv}|}{10}$$

$$\delta v_v = \frac{\Delta \bar{v}_v}{\bar{v}_v} \cdot 100 \%$$

$$v_v = (\dots \pm \dots) m \cdot s^{-1}$$

$$\delta v_v = \dots \%$$

ZÁVĚR

Komentujte průběh měření a zhodnoťte výsledky měření.

CVIČENÍ 6a | MĚŘENÍ TLAKU PLYNU V ZÁVISLOSTI NA OBJEMU

TEORETICKÁ ÚLOHA

1. Odvodte stavovou rovnici pro plyn stálé hmotnosti.
2. Jaký je tlak vzduchu v pneumatikách automobilu?
3. Jaká jsou rizika jízdy na podhuštěných pneumatikách?
4. Jaké jiné jednotky se používají pro měření tlaku vzduchu?
Uvedte alespoň dvě s převodním vztahem k hlavní jednotce tlaku?.

PRAKTICKÁ ÚLOHA

5. Sestrojte izotermu.
6. Ověřte Boyleův-Mariottův zákon.

POMŮCKY

Injekční stříkačka.

ICT pomůcky: software EdLab, notebook, řídicí jednotka, čidlo pro měření tlaku plynu.

TEORETICKÝ ROZBOR ÚLOHY

Izotermický děj – teplota plynu je stálá, hmotnost je konstantní

$$\begin{aligned} T_1 &= T_2 \\ p_1 V_1 &= p_2 V_2 = \textit{konst.} \end{aligned}$$

Boyleův-Mariottův zákon

Při izotermickém ději s ideálním plynem stálé hmotnosti je tlak plynu nepřímo úměrný jeho objemu.

Graf vyjadřující tlak plynu stálé hmotnosti jako funkci jeho objemu při izotermickém ději se nazývá izoterma, což je větev hyperboly.

POSTUP

1. Zapojte čidlo pro měření tlaku plynu do řídicí jednotky vstupu CON J1.
Spusťte program pro měření EdLab. Nastavte měření na 900 s s periodou 1 s.
2. Nastavte injekční stříkačku na vhodnou hodnotu objemu tak, abyste mohli zmenšovat i zvětšovat objem vzduchu pod pístem a stříkačku propojte s čidlem pro měření tlaku.
3. Do tabulky запиšte ke zvolenému objemu vzduchu jeho tlak.
Získejte šest hodnot měření.
4. Porovnejte součiny naměřených hodnot objemu a tlaku.
5. Vytvořte v Excelu graf závislosti tlaku plynu na objemu plynu.
Zvolte bodový graf a proložte vhodnou spojnicí trendu.
6. Do protokolu vložte i graf získaný měřením tlaku v programu EdLab.

Tabulka

Číslo měření	$\frac{V}{10^{-6}m^3}$	$\frac{p}{kPa}$	{V.p}
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

ZÁVĚR

Komentujte naměřené hodnoty a získaný graf.

CVIČENÍ 6b | MĚŘENÍ TLAKU PLYNU V ZÁVISLOSTI NA TEPLITĚ

TEORETICKÁ ÚLOHA

1. Odvodte stavovou rovnici pro plyn stálé hmotnosti.
2. Uveďte příklady z běžného života, kdy musíme dávat pozor na změnu tlaku vlivem rostoucí teploty.

PRAKTICKÁ ÚLOHA

3. Sestrojte graf závislosti tlaku na teplotě.
4. Ověřte Charlesův zákon.

POMŮCKY

Skleněná baňka s víčkem a hadičkou, nádoba na vodu, horká voda, míchačka.

ICT pomůcky: software EdLab, notebook, řídicí jednotka, čidlo pro měření tlaku plynu a teploměr.

TEORETICKÝ ROZBOR ÚLOHY

Izochorický děj – objem plynu je stálý, hmotnost je konstantní

Charlesův zákon

$$\begin{array}{l} V_1 = V_2 \\ \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} = konst. \end{array}$$

Při izochorickém ději s IP stálé hmotnosti je tlak plynu přímo úměrný jeho termodynamické teplotě.

Graf vyjadřující tlak plynu stálé hmotnosti jako funkci jeho objemu při izotermickém ději se nazývá izochora, což je úsečka rovnoběžná s osou tlaku plynu.

POSTUP

1. Zapojte čidlo pro měření tlaku plynu do řídicí jednotky vstupu CON J1, čidlo pro měření teploty do vstupu CON J3. Spusťte program pro měření EdLab. Nastavte závislost tlaku plynu na teplotě (na záložce pro čidlo teploměru). Nastavte měření na 900 s s periodou 1 s.
2. Ke skleněné baňce připojte pomocí trubičky čidlo pro měření tlaku plynu a umístěte ji do nádoby se studenou vodou.
3. Čidlo pro měření teploty vložte do nádoby s vodou.
4. Spusťte měření. Do tabulky запиšte naměřené hodnoty tlaku a teploty.
5. Do nádoby přilijte horkou vodu, promíchejte a po ustálení teploty odečtěte nové hodnoty tlaku a teploty. Získejte šest dvojic hodnot měření.

6. Vytvořte v Excelu graf závislosti tlaku plynu na teplotě.
Zvolte bodový graf a proložte lineární spojnici trendu.
7. Ověřte Charlesův zákon porovnáním hodnot v posledním sloupci tabulky.

VYPRACOVÁNÍ

Tabulka

Číslo měření	$\frac{t}{^{\circ}C}$	$\frac{T}{K}$	$\frac{p}{kPa}$	$\left\{\frac{p}{T}\right\}$
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				

ZÁVĚR

Komentujte naměřené hodnoty a získaný graf.

CVIČENÍ 7 | MĚŘENÍ PRŮMĚRU MOLEKULY KYSELINY OLEJOVÉ

TEORETICKÁ ÚLOHA

1. Určete molární hmotnost kyseliny olejové $C_{17}H_{33}COOH$.
2. Vyhledejte hustotu kyseliny olejové a vypočítejte její molární objem.
3. Určete objem jedné molekuly.
4. Vypočítejte průměr molekuly, budeme-li předpokládat její kulový tvar.
5. Je tento předpoklad správný?
8. Vyhledejte teplotu tání a teplotu varu kyseliny olejové.
9. Je rozpustná ve vodě?
10. Vyhledejte informace o charakteru ekologických katastrof způsobených ropnými haváriemi.
 - a) Která fyzikální vlastnost nafty ve styku s vodou je příčinou zasažení obrovské vodní plochy?
 - b) Jak záchranáři odstraňují naftu z hladiny?
 - c) Uveďte konkrétní případ takové havárie.

PRAKTICKÁ ÚLOHA

11. Určete průměr molekuly kyseliny olejové.

POMŮCKY

Kyselina olejová $C_{17}H_{33}COOH$, lékařský benzín, miska, voda, korkový prášek, injekční stříkačka s jehlou, odměrný válec do 5 ml, posuvné měřidlo, MFCHT.

ICT pomůcky: notebook, software MS Word.

TEORETICKÝ ROZBOR ÚLOHY

Teoretický výpočet průměru molekuly kyseliny olejové:

molární hmotnost $M_m = M_r(C_{17}H_{33}COOH) \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$

molární objem $V_m = \frac{M_m}{\rho}$

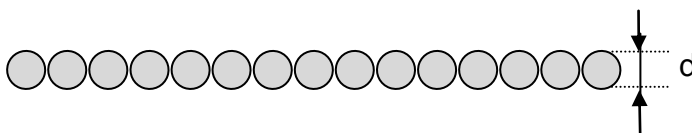
objem jedné molekuly

$$V_o = \frac{V_m}{N_A}$$

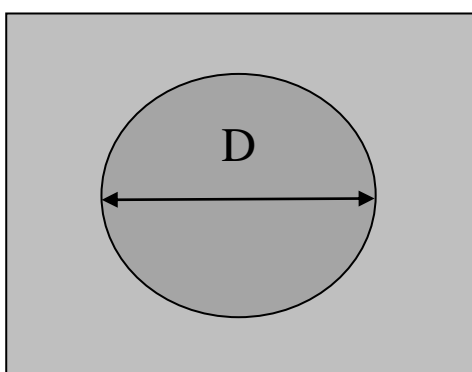
průměr molekuly $V_o = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 \Rightarrow D = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot V_o}{\pi}}$

- Kápneme-li na povrch vody kyselinu olejovou, vytvoří se na hladině tenká vrstva (mastné kolo) o výšce rovné průměru molekuly – monomolekulární vrstva.

- Při pokusu použijeme kyselinu olejovou zředěnou benzínem v poměru 1 : 2000, protože kapka čisté kyseliny by pokryla velmi velkou plochu.
- Benzín z kapky rychle vyprchá a na hladině zůstane jen olejová skvrna o stejném objemu, jako je objem kyseliny olejové obsažené v kapce.



Obrázek č. 1 – Monomolekulární vrstva



Obrázek č. 2 – Olejová skvrna na povrchu vody

POSTUP

1. Pomocí injekční stříkačky a odměrného válce zjistíte počet kapek N v $1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3$ roztoku kyseliny olejové v benzínu. Proveďte pět měření, vypočítejte aritmetický průměr počtu kapek.
2. Vyjádřete objem kyseliny olejové V v jedné kapce roztoku.
3. Do větší misky nalijte čistou vodu a klidnou hladinu posypte korkovým práškem.
4. Doprostřed misky kápněte jednu kapku roztoku.
5. Měřidlem pětkrát změřte v různých směrech průměr olejové skvrny na hladině. Vypočítejte aritmetický průměr.
6. Vypočítejte obsah povrchu olejové vrstvy.
7. Vypočítejte průměr molekuly kyseliny olejové.

Tabulka č. 1 – Určení počtu kapek v 1 ml kyseliny olejové

Číslo měření	Počet kapek N
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
\bar{N}	

Objem kyseliny v jedné kapce (v ml):

$$V = \frac{1}{\frac{\bar{N}}{2000}}$$

$$V = \dots\dots\dots m^3$$

Tabulka č. 2 – Průměr olejové skvrny na hladině vody

Číslo měření	$\frac{D}{m}$
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
$\frac{\bar{D}}{m}$	

Obsah plochy olejové skvrny:

$$S = \pi \frac{\bar{D}^2}{4}$$

Průměr molekuly kyseliny olejové:

$$V = d \cdot S$$

$$d = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \bar{D}^2}$$

$$d = \dots\dots\dots m$$

ZÁVĚR

Naměřenou hodnotu porovnejte s teoretickým předpokladem.

TEORETICKÁ ÚLOHA

1. Vysvětli pojmy:
 - a) zdvihový objem válce,
 - b) kompresní poměr.
2. Zjistěte zdvihový objem válce čtyřválcového motoru Škody Fabia.
3. Porovnejte zdvihové objemy a kompresní poměry pěti vámi vybraných automobilů.
4. Vyjmenujte negativní vlivy, které má používání spalovacích motorů na životní prostředí.
5. Vyhledejte alternativní pohony osobních automobilů.
6. Jaké pozitivní a negativní aspekty má používání elektromobilů?

PRAKTICKÁ ÚLOHA

7. Podle zadaných parametrů sestrojte idealizovaný pracovní diagram modelující činnost čtyřdobého zážehového motoru.
 - Děj se skládá ze dvou adiabatických a dvou izochorických dějů.
 - Zdvihový objem tříválcového motoru Škody Fabia je 1198 ccm.
 - Pro kompresní poměr zvolte $\varepsilon = 9$.
 - V počátečním stavu 1 je $V_1 = V_{\max}$ a tlak je roven atmosférickému tlaku.
 - Poissonova konstanta pro pracovní směs je rovna 7/5.
 - Při ohřátí vzduchu spálením benzínu se počáteční teplota 300 K zvětší na trojnásobek.
8. Popište, co se v jednotlivých fázích děje ve válcích zážehového motoru.

POMŮCKY

ICT pomůcky: notebook, software MS Excel.

TEORETICKÝ ROZBOR ÚLOHY

Kruhový (cyklický) děj je termodynamický děj, při kterém pracovní látka koná práci a vrací se do výchozího stavu. V p-V pracovním diagramu je znázorněn uzavřenou křivkou.

Tepelné motory pracují cyklicky v tzv. rozpojeném cyklu, po expanzi je plyn vypuzován a komprimuje se nová dávka.

V zážehovém spalovacím motoru je pracovní látkou směs benzínových par a vzduchu.

Princip:

1. **sání** – otevře se sací ventil a do válce (pracovního prostoru) se nasaje směs paliva a vzduchu, ventil se uzavře

2. **kompresa** – píst stlačí nasátou směs
3. **výbuch** – jiskra ze svíčky vznítí směs, ta vybuchne a zatlačí na píst
4. **výfuk** – otevře se výfukový ventil a vyhořelá směs je vypuštěna

Cyklus se opakuje.

POSTUP

1. Načrtněte předpokládaný tvar křivky kruhového děje a vyznačte stavy 1, 2, 3 a 4.
2. Popište jednotlivé fáze děje 1→2, 2→3, 3→4, 4→1.
3. Napište, jaké zákony se vztahují k jednotlivým dějům, a vypočtete pro každý stav hodnoty tlaku, objemu a teploty.
4. V Excelu sestrojte p-V graf kruhového děje v intervalu V_{\max} a V_{\min} s krokem 10 cm^3 .
5. Pomocí obdélníkového pravidla vypočítejte v Excelu užitečnou práci zážehového motoru.

CVIČENÍ 9 | MĚŘENÍ MODULU PRUŽNOSTI V TAHU Z PRŮHYBU TYČE

TEORETICKÁ ÚLOHA

- Vysvětli pojmy:
 - modul pružnosti v tahu,
 - plošný moment setrvačnosti.
- Proč se využívají různé profily tyčí?
- Vyhledejte na internetu alespoň tři tyče daného tvarového profilu a profil nakreslete:
 - tyče průřezu rovnoramenného "L",
 - tyče průřezu nerovnoramenného "L",
 - tyče průřezu "T",
 - tyče průřezu "I",
 - tyče průřezu "IPE",
 - tyče průřezu "U",
 - tyče průřezu "HEB",
 - tyče průřezu "HEA";

PRAKTICKÁ ÚLOHA

- Urči modul pružnosti v tahu z průhybu tyče neznámého materiálu.
(Pro dva různé profily).
- Odhadni pomocí MFCHT a zjištěného modulu materiálu, z nichž jsou tyče vyrobeny.
- Sestrojte grafy závislostí průhybu tyčí y na hmotností závaží m .

POMŮCKY

Proměřované tyče, podpěry, stojan, sada závaží, příložné a posuvné měřítko, MFCHT.

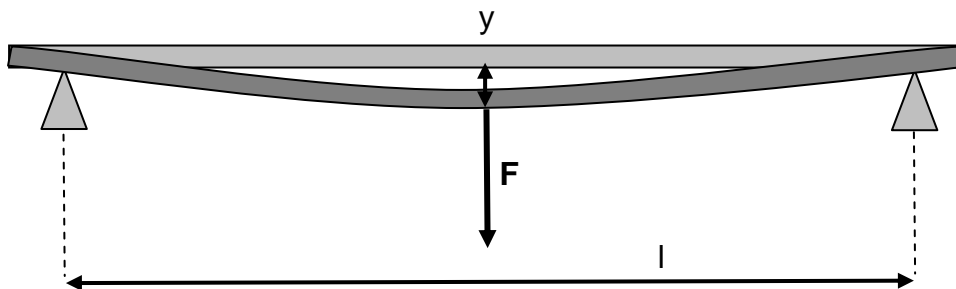
ICT pomůcky: notebook, software MS Excel, MS Word.

TEORETICKÝ ROZBOR ÚLOHY

Modul pružnosti v tahu lze určovat z velikosti průhybu ohýbaných tyčí.

Při zatížení tyče uprostřed silou F se tyč prohne tak, že v působišti síly vznikne průhyb y , pro který v případě pružné deformace platí:

$$y = \frac{Fl^3}{48EJ}$$



Obrázek č. 1 – Průhyb tyče

Výchozí vztah pro určení modulu E touto metodou:

$$E = \frac{Fl^3}{48yJ} \quad F = mg$$

$$g = 9,81m.s^{-2}$$

l vzdálenosti břitů,

J plošný moment setrvačnosti průřezové plochy trámku (tyče) vzhledem k vodorovné ose, kolmé k délce trámku (tyče) a procházející jeho těžištěm;

Pro obdélníkový průřez trámku výšky *b*, šířky *a* lze *J* vyjádřit vztahem:

$$J = \frac{ab^3}{12}$$

Pro kruhový průřez tyče s průměrem *d*:

$$J = \frac{\pi d^4}{64}$$

POSTUP

1. Změřte 3x vzdálenost podpěr a vypočítejte střední hodnotu délky *l* každé tyče.
2. Posuvným měřítkem změřte 3x rozměry tyče obdélníkového průřezu a průměr tyče kruhového průřezu v různých místech a vypočítejte střední hodnoty.
3. Vypočítejte plošné momenty setrvačnosti obou průřezů tyče.

Tabulka č. 1 – Určení momentu setrvačnosti a délky tyče

Číslo měření	$\frac{a}{m}$	$\frac{b}{m}$	$\frac{l_{\square}}{m}$	$\frac{J_{\square}}{m^4}$	$\frac{d}{m}$	$\frac{l_o}{m}$	$\frac{J_o}{m^4}$
1.							
2.							
3.							
Průměr							

4. Tyč umístěte na podpěry.
5. Tyč zatěžujte postupně závažím po 50 g a odečítejte průhyb tyče *y*.
Zapisujte do tabulky č. 2 hodnoty pro obdélníkový průřez tyče a do tabulky č. 3 hodnoty pro kruhový průřez tyče.
6. Vypočítejte modul pružnosti *E* z údajů pro každé zatížení. Vypočítejte jeho průměrnou hodnotu.
7. Sestrojte grafy závislosti průhybu tyčí *y* na hmotností závaží *m*.

Tabulka č. 2 – Modul pružnosti v tahu tyče obdélníkového průřezu

Číslo měření	$\frac{m}{kg}$	$\frac{y \cdot 10^{-2}}{m}$	$\frac{E_{\square}}{Pa}$
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			
\bar{E}_{\diamond}			

Tabulka č. 3 – Modul pružnosti v tahu tyče kruhového průřezu

Číslo měření	$\frac{m}{kg}$	$\frac{y \cdot 10^{-2}}{m}$	$\frac{E_{\circ}}{Pa}$
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			
\bar{E}_{\circ}			

GRAFY

- Graf závislosti průhybu y tyče obdélníkového průřezu na hmotností závaží m .
- Graf závislosti průhybu y tyče kruhového průřezu na hmotností závaží m .

ZÁVĚR

Komentujte grafy. Posudte, zda jejich průběh odpovídá zákonu pro pružnou deformaci.

Vypočtenou hodnotu modulu pružnosti E porovnejte s tabulkovými hodnotami a určete materiály, ze kterých jsou tyče vyrobeny.

CVIČENÍ 10 | DEFORMACE PEVNÝCH TĚLES, ROZTAŽNOST

TEORETICKÁ ÚLOHA

- Vysvětli pojmy:
 - normálové napětí,
 - prodloužení,
 - relativní prodloužení,
 - Hookův zákon,
 - deformační křivka,
 - součinitel bezpečnosti.
- Zjistěte tabulkové hodnoty meze pevnosti a modulu pružnosti mědi.
- Zjistěte na internetu základní rozdělení výtahů do tříd podle ČSN. Uveďte rozdělení podle použití, nosnosti, rychlosti.

PRAKTICKÁ ÚLOHA

- Pomocí měřicího systému EdLab vytvořte deformační křivku deformace tenkého měděného drátu v tahu.

POMŮCKY

Tenký měděný drát, délkové měřidlo, mikrometrický šroub.

ICT pomůcky: software EdLab, notebook, řídicí jednotka, čidlo – sonar MD-BTD, siloměr DFS-BTA.

TEORETICKÝ ROZBOR ÚLOHY

Normálové napětí $\sigma_n = \frac{F_n}{S}$ $[\sigma_n] = \text{N} \cdot \text{m}^{-2} = \text{Pa}$

F_n **normálová síla** - velikost síly pružnosti působící kolmo na příčný řez o obsahu S .

Hookův zákon - normálové napětí je přímo úměrné relativnímu prodloužení.

$$\sigma_n = E \cdot \varepsilon$$

E modul pružnosti v tahu; látková konstanta; $[E] = \text{Pa}$

l_0 počáteční délka drátu,

Δl prodloužení,

ε relativní prodloužení,

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

d průměr drátu;

Deformační křivka - graf závislosti normálového napětí na relativním prodloužení.

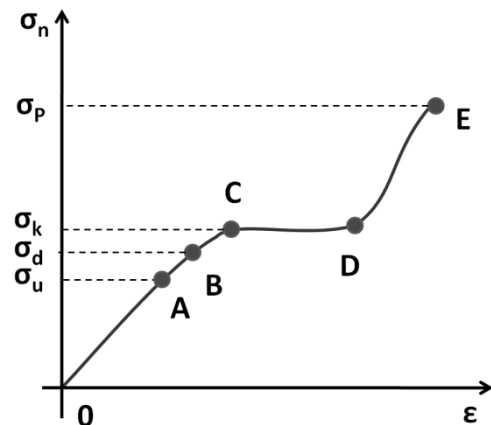
0A - pružná deformace, platí Hookův zákon

AB - dopružování, σ_u - mez úměrnosti,

BE - plastická deformace, σ_d - mez pružnosti,

CD - tečení materiálů, σ_k - mez kluzu,

DE - zpevnění materiálu, σ_p - mez pevnosti;



POSTUP

1. Změřte délku l_0 drátu, mikrometrickým šroubem průměr drátu.
2. Drát připevněte na čidlo siloměru a to připevněte vedle čidla sonaru pro měření prodloužení.
3. Zapojte čidlo sonar do řídicí jednotky vstupu CON JB. Čidlo siloměru zapojte do vstupu CON1. Zapojte řídicí jednotku do počítače. Spustěte program pro měření EdLab. Nastavte měření na 20 s s periodou 100 ms.
4. Spustěte měření v programu EdLab.
5. Drát rovnoměrně tahejte, neměňte postavení ruky před sonarem až do přetržení drátu.
6. Vypočtete relativní prodloužení.

ZÁVĚR

Do protokolu přiložte získaný graf a provedte jeho rozbor.

CVIČENÍ 11 | URČENÍ POVRCHOVÉHO NAPĚTÍ KAPALINY

TEORETICKÁ ÚLOHA

1. Odvodte vztah pro výpočet povrchového napětí vyplývající
a) z rovnosti kapilárního a hydrostatického tlaku,
b) z rovnosti hydrostatické síly a povrchové síly.
2. Odvodte vztah pro výpočet povrchového napětí srovnávací kapkovou metodou.
3. Uveďte dvě konkrétní kapaliny v různých nádobách, kdy kapalina smáčí a nesmáčí stěny dané nádoby.
4. Uveďte příklady využití kapilární elevace v běžném životě.
5. Jaký význam má kapilární elevace v přírodě?
6. Proč se používají v čistících a pracích prostředcích saponáty?
7. Proč jsou tenzidy (saponáty) nazývány povrchově aktivními látkami?
8. Jak umožňují tenzidy odstranění špíny z čistěného povrchu?
9. Jaký dopad má užívání saponátů na životní prostředí?

PRAKTICKÁ ÚLOHA

10. Určete povrchové napětí neznámé kapaliny z kapilární elevace.
11. Určete povrchové napětí neznámé kapaliny kapkovou metodou.

POMŮCKY:

Voda, saponát, líh, kapilára, váhy, kádinky, MFCHT, milimetrové měřítko, jehla.

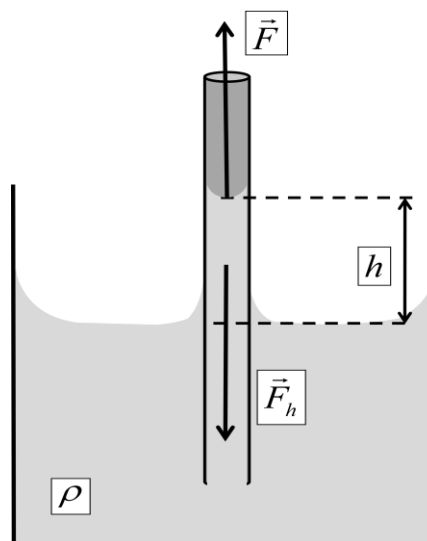
TEORETICKÝ ROZBOR ÚLOHY:

1. Měření pomocí kapilární elevace.

Při kapilární elevaci má hydrostatická tlaková síla v kapiláře stejnou velikost jako povrchová síla.

- R poloměr kapiláry
 ρ hustota kapaliny
 σ povrchové napětí

$$\sigma = \frac{h\rho gR}{2}$$



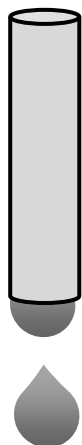
Obrázek č. 1 – Kapilární elevace

2. Měření srovnávací metodou.

Při vytékání kapaliny z trubice se kapka utrhne v okamžiku, kdy povrchová síla působící na kapku podél obvodu v zúženém místě je v rovnováze s tíhovou silou kapky.

Hmotnost kapky roste přímo úměrně s povrchovým napětím kapaliny.

Při měření stejnou trubicí jsou průměry d zúženého místa pro kapky různých kapalin stejné, ale špatně měřitelné. Proto použijeme srovnávací metodu. Srovnávací kapalinou bude voda, jejíž povrchové napětí známe.



- l okraj povrchové vrstvy,
- m_v hmotnost jedné kapky vody,
- m hmotnost jedné kapky kapaliny,
- M_v celková hmotnost vody,
- M celková hmotnost kapaliny,
- k počet kapek;

$$\sigma = \frac{M}{M_v} \sigma_v$$

Obrázek č. 2 – Kapková metoda

POSTUP

Měření pomocí elevace.

1. Změřte průměr kapiláry pomocí jehly a mikrometru.
2. Měření výšky hladiny provedte pětkrát pro každou kapalinu, vypočítejte průměrnou hodnotu výšky elevace h pro každou kapalinu.
3. Vypočítejte povrchová napětí kapalin a výsledky porovnejte s tabulkovými hodnotami.

$$\sigma_{\text{VODA}} = 73 \text{ mN.m}^{-1}$$

$$\rho_{\text{VODA}} = 998 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\sigma_{\text{SAPONÁT}} = 40 \text{ mN.m}^{-1}$$

$$\rho_{\text{SAPONÁT}} = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\sigma_{\text{LÍH}} = 22 \text{ mN.m}^{-1}$$

$$\rho_{\text{LÍH}} = 789 \text{ kg.m}^{-3}$$

Měření srovnávací metodou.

4. Zvažte hmotnost prázdné suché kádinky.
5. Odkapejte k kapek a určete jejich hmotnost.
6. Opakujte 5krát pro vodu i obě měřené kapaliny, vypočítejte průměrnou hodnotu hmotnosti k kapek M .
7. Příslušné hodnoty dosadte do vzorce a vypočítejte povrchové napětí dané kapaliny.
8. Výsledek porovnejte s tabulkovými hodnotami.

Poloměr kapiláry: R = m

Tabulka 1 – Výška kapilární elevace

	VODA	SAPONÁT	LÍH
Číslo měření	$\frac{h_v}{10^{-3} m}$	$\frac{h_s}{10^{-3} m}$	$\frac{h_l}{10^{-3} m}$
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
\bar{h} $10^{-3} m$			

$$\sigma = \frac{h\rho g R}{2}$$

$$\sigma_{\text{voda}} = \quad \text{m N.m}^{-1}$$

$$\sigma_{\text{saponát}} = \quad \text{m N.m}^{-1}$$

$$\sigma_{\text{líh}} = \quad \text{m N.m}^{-1}$$

Tabulka 2 – Kapková metoda

K = 100	VODA	SAPONÁT	LÍH
Číslo měření	$\frac{M_v}{10^{-3} kg}$	$\frac{M_s}{10^{-3} kg}$	$\frac{M_l}{10^{-3} kg}$
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
\bar{M} $10^{-3} kg$			

$$\sigma = \frac{M}{M_v} \sigma_v$$

$$\sigma_{\text{voda}} = 73 \text{ m N.m}^{-1}$$

$$\sigma_{\text{saponát}} = \dots \text{ m N.m}^{-1}$$

$$\sigma_{\text{líh}} = \dots \text{ m N.m}^{-1}$$

CVIČENÍ 12 | ZMĚNY SKUPENSTVÍ

TEORETICKÁ ÚLOHA

Vysvětlete problémové úlohy:

1. Proč taje horský ledovec odspodu?
2. Proč je maso v Papinově hrnci rychleji uvařeno než v hrnci obyčejném?
3. Vysvětlete biologickou a fyzikální podstatu zavařování kompotů.
4. Proč je nebezpečnější opaření párou než stejně teplou vodou?
5. Proč brusle po ledě dobře kloužou?
6. Proč jsou podzimní mraky nižší než letní?
7. Jak je možné v létě v přírodě chladit potraviny?
8. Proč se v zimě vrány často shromažďují na ledě zamrzlých rybníků?
9. Proč voda hasí oheň?
10. Proč mají nádoby pro přepravu teplých jídel z kuchyní ve víku ventil?

11. Rozeberte, jaké situace mohou nastat při tepelné výměně mezi ledem s teplotou 0°C a vodou v závislosti na jejich hmotnosti a teplotě vody.

PRAKTICKÁ ÚLOHA

12. Sestavte kalorimetrickou rovnici, probíhá-li tepelná výměna mezi teplejší vodou v kalorimetru a malým množstvím ledu s teplotou 0°C .
13. Určete měrné skupenské teplo tání ledu.

POMŮCKY

Směšovací kalorimetr, váhy, ohříváč s vodní lázní, led.

ICT pomůcky: notebook, řídicí jednotka, čidlo – teploměr, MS Word, EdLab.

TEORETICKÝ ROZBOR ÚLOHY

Probíhá-li tepelná výměna mezi vodou a ledem:

Q_1 maximální teplo uvolněné vodou při ochlazení z teploty t na 0°C

c_1 měrná tepelná kapacita vody,

m_1 hmotnost vody,

t_1 počáteční teplota vody;

L_t skupenské teplo tání ledu

m_2 hmotnost ledu,

l_t měrné skupenské teplo tání ledu,

Rozeberte případy (úloha 11):

- a) $Q_1 = L_t$
- b) $Q_1 > L_t$
- c) $Q_1 < L_t$

$$\begin{aligned} Q_1 &= c_1 m_1 (t_1 - 0) \\ L_t &= m_2 l_t \end{aligned}$$

Probíhá-li tepelná výměna mezi vodou v kalorimetru a ledem (úloha 12):

Q_1 teplo uvolněné vodou při ochlazení z teploty t_1 na teplotu t ,

Q_k teplo uvolněné kalorimetrem při ochlazení z teploty t_1 na teplotu t ,

$$Q_1 + Q_k = L_t + Q_2$$

L_t skupenské teplo tání ledu,

Q_2 teplo přijaté roztátým ledem při ohřátí z 0°C na teplotu t ,

POSTUP

1. Určete hmotnost kalorimetru m_k .
2. Do kalorimetru nalijte vodu ohřátou na 50°C až 60°C . Určete hmotnost vody m_1 .
3. Zapojte čidlo teploměru do řídicí jednotky, spusťte program EdLab a nastavte čas měření na 3 minuty.
4. Vložte čidlo teploměru do kalorimetru a spusťte měření. Zapište teplotu t_1 .
5. Přiměřené množství rozdrceného tajícího ledu osušte, zvažte a vložte do kalorimetru.
6. Vyčkejte, až led roztaje a teplota v kalorimetru se ustálí. Odečtěte výslednou teplotu t .
7. Naměřené hodnoty dosadte do sestavené kalorimetrické rovnice a vypočtěte hodnotu měrného skupenského tepla tání ledu.

Tabulka č. 1 – Naměřené hodnoty

$\frac{c_k}{\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}}$	$\frac{c_1}{\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}}$	$\frac{m_1}{\text{kg}}$	$\frac{t_1}{^\circ\text{C}}$	$\frac{m_2}{\text{kg}}$	$\frac{t}{^\circ\text{C}}$	$\frac{l_t}{\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}}$

ZÁVĚR

Vypočítanou hodnotu měrného skupenského tepla tání ledu srovnajte s tabulkovou hodnotou.

CVIČENÍ 13 | URČENÍ SETRVAČNÉ HMOTNOSTI TĚLESA

TEORETICKÁ ÚLOHA

1. Popište, z kterých sil se skládá výsledná síla způsobující kmitání tělesa zavěšeného na pružině.
2. Vyjmenujte deset periodických dějů a změřte, popřípadě vyhledejte jejich periodu a frekvenci.
3. Zjistěte, kde se nedá běžně vážit hmotnost, ale metoda určení setrvačné hmotnosti tělesa měřením periody jeho pohybu je vhodnou alternativou.

PRAKTICKÁ ÚLOHA

4. Určete experimentálně tuhost dané pružiny.
5. Určete setrvačnou hmotnost tělesa měřením periody mechanického oscilátoru.
6. Porovnejte časové závislosti kinematických veličin.

POMŮCKY

Pružina, sada závaží s háčkem, délkové měřidlo, stativ s držákem pružiny, těleso neznámé hmotnosti, digitální váha.

ICT pomůcky: software EdLab, notebook, řídicí jednotka, čidlo - sonar MD-BTD.

TEORETICKÝ ROZBOR ÚLOHY

Experimentální určení tuhosti pružiny:

parametry MO:

m hmotnost tělesa,

k tuhost pružiny;

l_0 počáteční délka pružiny,

l délka po prodloužení,

Δl prodloužení pružiny,

F síla způsobující prodloužení o Δl ;

$$F = k\Delta l$$
$$k = \frac{mg}{l - l_0}$$
$$[k] = Nm^{-1}$$

$$\Delta l = l - l_0$$

$$F = mg$$
$$g = 9,81 m \cdot s^{-2}$$

Experimentální určení hmotnosti tělesa měřením periody kmitů.

T perioda,

m hmotnost tělesa;

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

$$m = \frac{T^2 k}{4\pi^2}$$

POSTUP

1. Pružinu upevněte na držák stativu a podél pružiny upevněte délkové měřidlo.
2. Změřte délku l_0 .

3. Na pružinu zavěste závaží a pomocí měřidla změřte délku l .
4. Měření opakujte 4krát pro různá závaží. Zapisujte hodnoty do tabulky.
5. Pro každou dvojici m, l vypočtete tuhost pružiny, aritmetický průměr a odchylku.
6. Zapojte čidlo sonar do řídicí jednotky vstupu CON JB. Zapojte řídicí jednotku do počítače. Spustěte program pro měření EdLab.
Nastavte měření na 20 s s periodou 100 ms.
7. Na pružinu zavěste těleso neznámé hmotnosti. Umístěte sonar pod těleso a čidlo vynulujte.
8. Protážením pružinu rozkmitejte.
9. Spustěte měření. Z grafu závislosti výchylky na čase vyčtete dobu, za kterou těleso vykoná 10 kmitů. Vhodně upravte minimum na ose y pro hodnoty rychlosti a zrychlení. Uložte graf. Měření opakujte desetkrát.
10. Vypočtete průměrnou hodnotu periody kmitavého pohybu.
11. Vypočtete hmotnost použitého tělesa. Určete relativní odchylku měření hmotnosti.
12. Výsledek měření zapište ve tvaru $m \pm \Delta m$, kde $\Delta m = m\delta_m$.
13. Do protokolu přiložte jeden z grafů získaných při měření periody kmitavého pohybu a na jeho základě diskutujte o závislosti kinematických veličin.
14. Pro závěrečné srovnání zvažte těleso na digitálních vahách.

Počáteční délka pružiny: $l_0 = \dots\dots\dots$ m

Tabulka č. 1

Číslo měření	$\frac{m}{kg}$	$\frac{F_G}{N}$	$\frac{l}{cm}$	$\frac{\Delta l}{cm}$	$\frac{k}{Nm^{-1}}$	$\frac{\Delta k}{Nm^{-1}}$
1.						
2.						
3.						
4.						

$$\Delta k_i = k_i - \bar{k}$$

Průměrná hodnota tuhosti pružiny:

$$\bar{k} = \frac{\sum_{i=1}^4 k_i}{4}$$

$$\bar{k} = \dots\dots Nm^{-1}$$

Průměrná odchylka měření tuhosti pružiny:

$$\Delta \bar{k} = \frac{\sum_{i=1}^4 \Delta k_i}{4}$$

$$\Delta \bar{k} = \dots\dots Nm^{-1}$$

Tabulka č. 2

Číslo měření	$\frac{10 T}{s}$	$\frac{T}{s}$	$\frac{\Delta T}{s}$
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

$$\Delta T_i = T_i - \bar{T}$$

Průměrná hodnota periody:

$$\bar{T} = \frac{\sum_{i=1}^{10} T_i}{10}$$

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

Průměrná odchylka měření periody:

$$\Delta \bar{T} = \frac{\sum_{i=1}^{10} \Delta T_i}{10}$$

$$\Delta \bar{T} = \dots\dots s$$

Relativní odchylka měření hmotnosti:

$$\delta_m = \left(2 \frac{\Delta \bar{T}}{\bar{T}} + \frac{\Delta \bar{k}}{\bar{k}} \right) 100 \%$$

$$\delta_m = \dots\dots \%$$

Výpočet hmotnosti:

$$m = \frac{\bar{T}^2 \bar{k}}{4\pi^2}$$

$$m = \dots\dots kg$$

Odchylka měření hmotnosti:

$$\Delta m = m \cdot \delta_m$$

$$\Delta m = \dots\dots kg$$

Výsledek:

$$m_v = (m \pm \Delta m)$$

$$m_v = \dots\dots kg$$

Hmotnost tělesa získaná vážením:

$$m_{dv} = \dots\dots kg$$

ZÁVĚR

Porovnejte hmotnost tělesa určenou pomocí pružiny s hmotností zjištěnou vážením.

TEORETICKÁ ÚLOHA

1. Vysvětlete následující pojmy:
 - a) základní tón,
 - b) vyšší harmonické tóny,
 - c) relativní výška tónu (v hudební akustice, v technické praxi),
 - d) hudební interval,
 - e) barva tónu.

PRAKTICKÁ ÚLOHA

2. Vytvořte časové diagramy, popište jejich průběh a určete frekvenci:
 - a) samohlásek,
 - b) dvou souhlásek,
 - c) ladičky,
 - d) vybraného hudebního nástroje (kytara, flétna, klávesy) – alespoň tři tóny.

POMŮCKY

Ladička, hudební nástroj.

ICT pomůcky: software EdLab, notebook, řídicí jednotka, čidlo – mikrofon MCA-BTA.

TEORETICKÝ ROZBOR ÚLOHY

Zvuk je mechanické podélné vlnění s frekvencí od 16 Hz do 20 kHz. Zdrojem zvuku může být chvění pružných těles, které se přenáší do okolního prostředí a vzbuzuje v něm zvukové vlnění.

Základní dělení zvuků

1. **tóny** (hudební zvuky) – grafem závislosti okamžité výchylky kmitání zdroje na čase je periodická funkce
 - **tóny jednoduché** – mají harmonický průběh,
 - **tóny složené** – jejich průběh je periodický, ale ne harmonický.

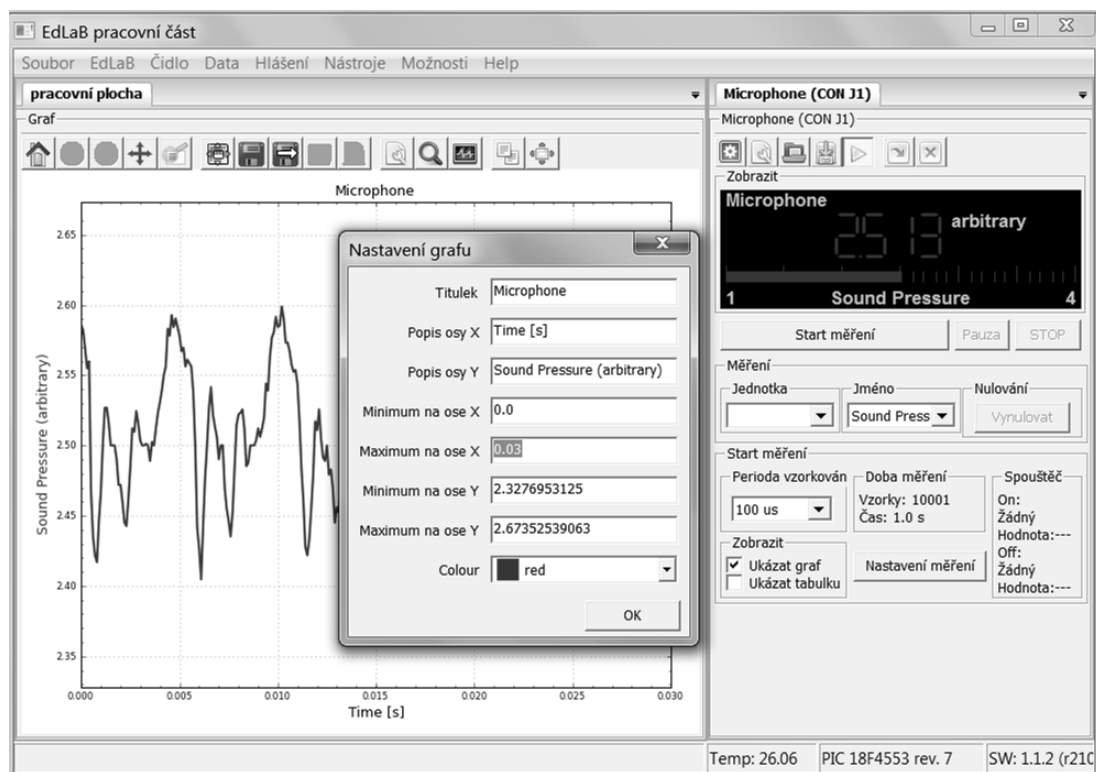
Zvuky obsahují kromě základní frekvence ještě i tzv. vyšší harmonické frekvence, na základě nichž dokážeme jednotlivé zdroje zvuku odlišit.

2. **hluky** (šumy, praskání, skřípání, ...) – grafem závislosti okamžité výchylky kmitání zdroje na čase není periodická funkce.

POSTUP

1. Zapojte mikrofon do řídicí jednotky vstupu CON1. Zapojte řídicí jednotku do počítače. Spusťte program pro měření EdLab. Nastavte měření na 1 s s periodou 100 μ s.

2. Spustíte měření. Maximum na ose x nastavíte na 0,03 s.(Viz. Obr. 1).
3. Uložíte graf. Měření opakujete pro zadané zdroje zvuku.
4. Z grafů určete periodu a frekvenci jednotlivých zdrojů zvuku a popište jejich průběh.



Obrázek č. 1 – Nastavení čidla

CVIČENÍ 15 | MĚŘENÍ HLASITOSTI

TEORETICKÁ ÚLOHA

1. Zjistěte na internetu hlasitost šesti činností spojených s běžným životem.
2. Jak hlasitý zvuk je označován za škodlivý během spánku?
3. Které látky silně pohlcují zvuk?
4. Jak se chráníme před hlukem?
5. Jak byla řešena situace rozdílné hlasitosti reklam a televizních pořadů?
6. Po kom je pojmenovaná jednotka hlasitosti?
7. Zjistěte, co je to hluková mapa a k čemu slouží.
8. Prohlédněte si hlukovou mapu Ostravy a charakterizujte místa nejvíce zatížená hlukem.

PRAKTICKÁ ÚLOHA

9. Změřte hladinu hlasitosti prostředí:
 - a) v dané lokalitě Havířova,
 - b) při běžně poslouchané hudbě,
 - c) školní jídelny,
 - d) během výkladu učiva vybraných učitelů školy.

POMŮCKY

ICT pomůcky: software EdLab, notebook, řídicí jednotka, čidlo pro měření hlasitosti zvuku.

TEORETICKÝ ROZBOR ÚLOHY

Hlasitost zvuku je subjektivní vnímání intenzity zvuku a závisí na citlivosti sluchu.

Ucho je nejcitlivější na zvuky v intervalu 700 Hz až 6000 Hz.

Objektivní hodnocení vyjadřuje:

1. **Akustický výkon** zvukového vlnění vyjadřuje množství energie ΔE přenesené za 1s od zdroje k přijímači.

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$
$$[P] = W$$

2. **Intenzita zvuku** vyjadřuje akustický výkon ΔP jdoucí plochou 1 m^2 .

$$I = \frac{\Delta P}{\Delta S}$$
$$[I] = Wm^{-2}$$

- **Práh slyšení** – nejmenší intenzita zvuku, kterou jsme schopni vnímat.
 - $I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$ odpovídající hladina intenzity $L_0 = 0 \text{ B}$
- **Práh bolesti** – největší intenzita zvuku, která již způsobuje bolest.
 - $I = 1 \text{ W.m}^{-2}$, odpovídající hladina intenzity $L = 12 \text{ B}$

Poměr největší a nejmenší intenzity zvuku v logaritmické stupnici se vyjadřuje v jednotkách bel a nazývá se hladina intenzity L . V praxi se používají decibely.

Intenzita zvuku se s rostoucí vzdáleností zmenšuje.

L hladina intenzity zvuku (v logaritmické stupnici)

I intenzita zvuku

I_0 intenzita prahu slyšení

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

POSTUP

1. Zapojte čidlo pro měření hlasitosti zvuku do řídicí jednotky vstupu CON J1.
2. Spusťte program pro měření EdLab. Nastavte měření na 900 s s periodou 0,1 s.
3. Měřte hlasitost po dobu 20 s, zapište do tabulky.
4. Srovnajte naměřené hodnoty.

VYPRACOVÁNÍ

Tabulka č. 1

lokality (zdroj zvuku)	$\frac{L}{dB}$	$\frac{L_{max}}{dB}$
ulice (automobily)		
místnost (hudba)		
jídelna (strážníci)		
třída ____ učitel 1		
třída ____ učitel 2		
třída ____ učitel 3		
vlastní výběr _____		

ZÁVĚR

Porovnejte naměřené hodnoty s krajními hodnotami nalezenými na internetu.

VZOR PROTOKOLU

Gymnázium, Havířov-Město, Komenského 2, příspěvková organizace

LABORATORNÍ CVIČENÍ Z FYZIKY

Číslo:

Téma úlohy:

Třída/skupina:

Jméno a příjmení:

Datum:

Spolupracovali:

Odevzdáno dne:

Hodnocení:

Teoretická úloha

Teoretický rozbor praktické úlohy

Pomůcky

Postup

Měření

Vypracování

Závěr

Pozn.: Obrázky mají popisky dole, tabulky nahoře.

Př.:

Obrázek, schéma, nákres...

Obrázek č. 1 – Název obrázku

Tabulka č. 1 – Popis tabulky

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

1. BARTUŠKA, K., SVOBODA, E. *Molekulová fyzika a termika. Fyzika pro gymnázia*. Praha: Prometheus, 2006. ISBN 80-7196-200-7.
2. ŠEDIVÝ, P. *Kruhový děj s ideálním plynem*. Hradec Králové: MAFY, 2004. ISBN 80-86148-68-8.
3. Návody laboratorních prací Hellago SEG_M108_L_E.docx
4. NAHODIL, J. *Fyzika v běžném životě*. Praha: Prometheus, 2010. ISBN 80-7196-005-5

Laboratorní cvičení z fyziky pro gymnázia 2. ročník

Monika Bouchalová

Tato publikace vznikla na základě řešení projektu OPVK registrační číslo:
CZ.1.07/1.1.24/01.0114 s názvem „PODPORA CHEMICKÉHO A FYZIKÁLNÍHO
VZDĚLÁVÁNÍ NA GYMNÁZIUMU KOMENSKÉHO V HAVÍŘOVĚ“



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

ISBN