

Projekt Smart Akcelerator 3, registrační číslo: CZ.02.01.02/00/22_009/0004182

Klíčová aktivita Pilotní ověření, pilotní nástroj **Medikem na Cymplu**

8.

Metodický list – workshop č. 8 na téma

Molekulová fyzika a termika; mechanické kmitání a vlnění

Datum konání: 20. 4. 2024

Lektor: Mgr. Gabriela Zalubilová



**Spolufinancováno
Evropskou unií**



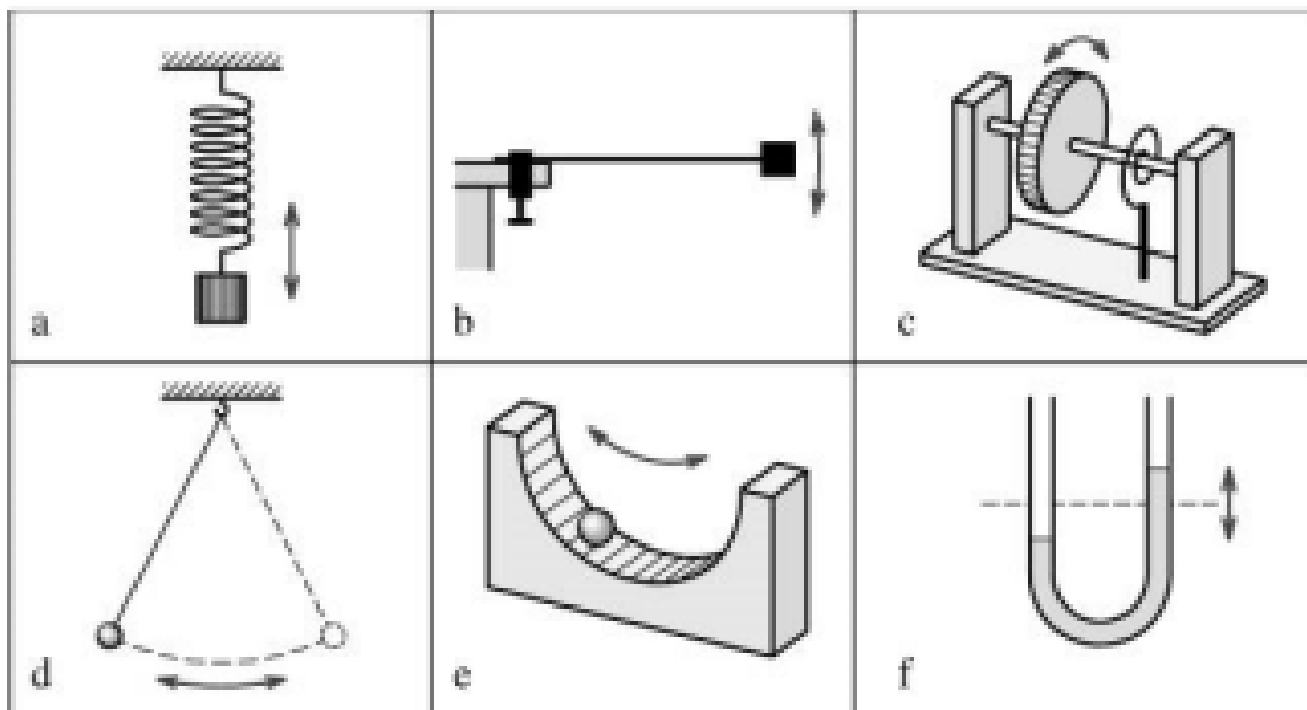
Ministerstvo
školství, mládeže
a tělovýchovy



Krajské inovační centrum
Karlovarského kraje

Mechanické kmitání

Základním pojmem je mechanický oscilátor - zařízení (nebo těleso), které je schopné kmitat i bez vnějšího působení.

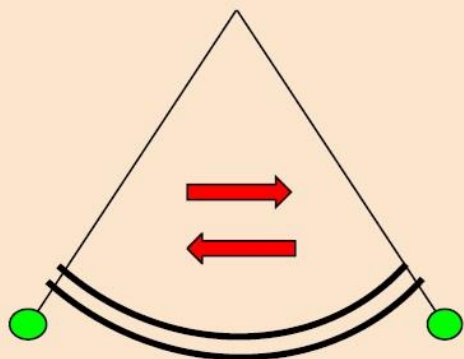


Periodický pohyb charakterizuje perioda a frekvence

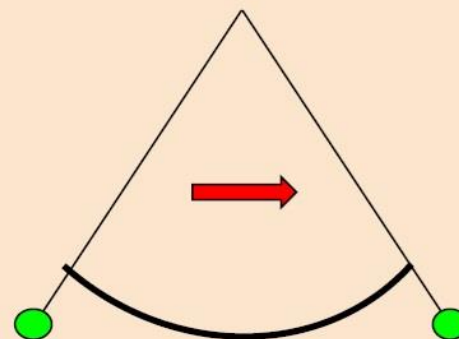
$$T = \frac{1}{f} \quad [T] = s$$

$$f = \frac{1}{T} \quad [f] = s^{-1} = Hz$$

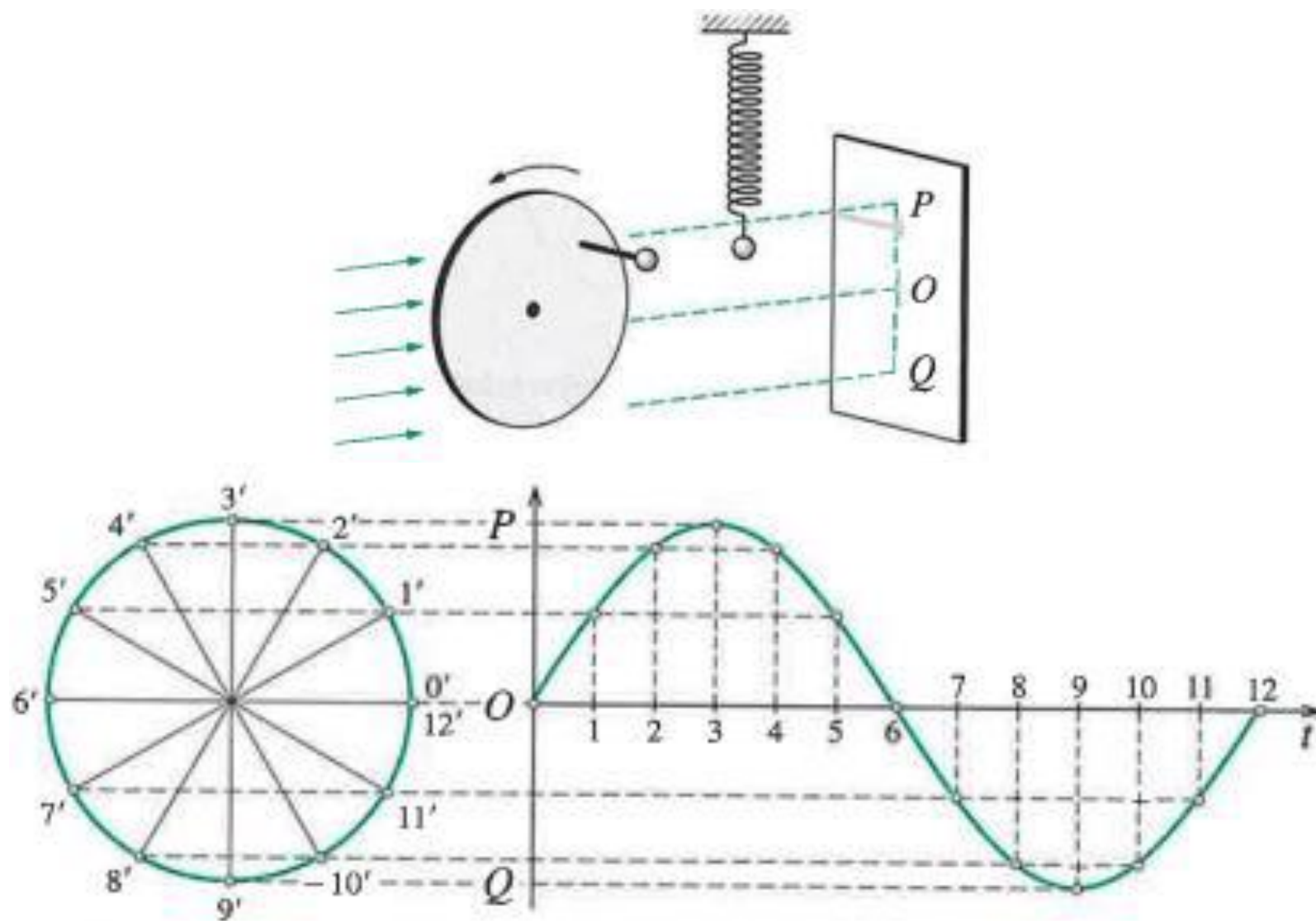
kmit

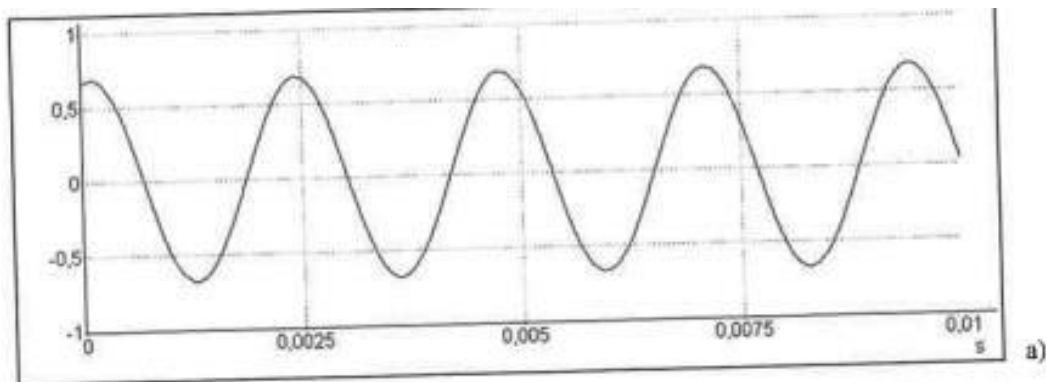


kyv

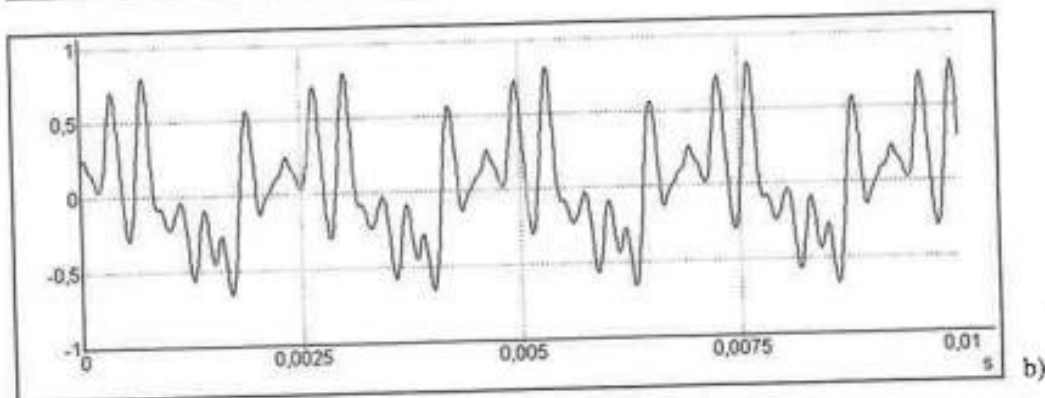


Kinematika kmitavého pohybu

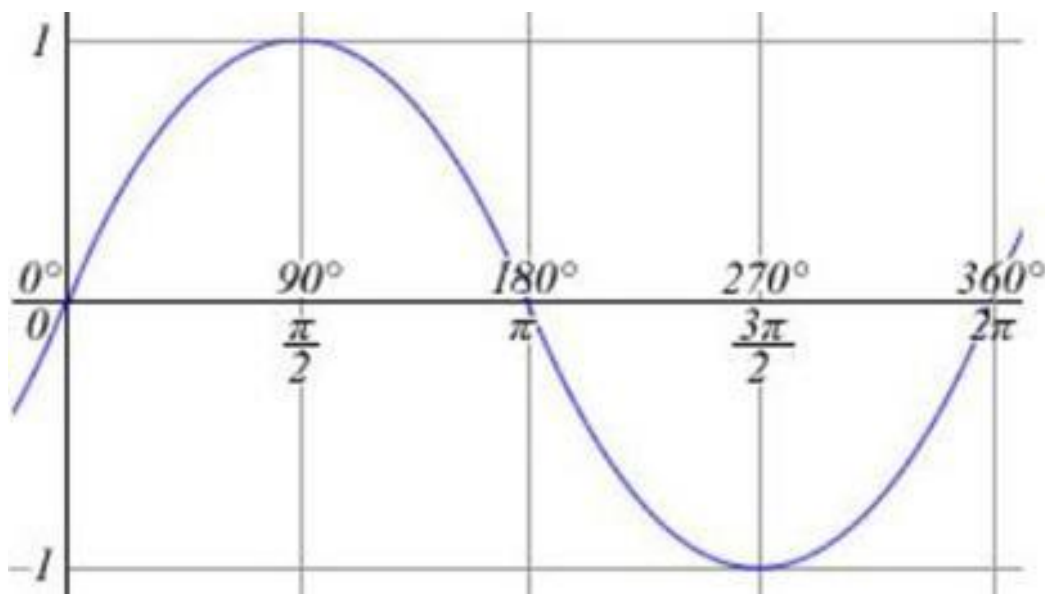




periodický harmonický



periodický (neharmonický)



jednoduchý kmitavý pohyb
 přímočarý
 periodický
 nerovnoměrný

$$1T \sim 2\pi$$

$$2\pi \sim 360^\circ$$

Rovnice pro okamžitou výchylku

$$y = y_m \cdot \sin \omega t$$

y_m -amplituda výchylky
(maximální výchylka)

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

ω -úhlová frekvence

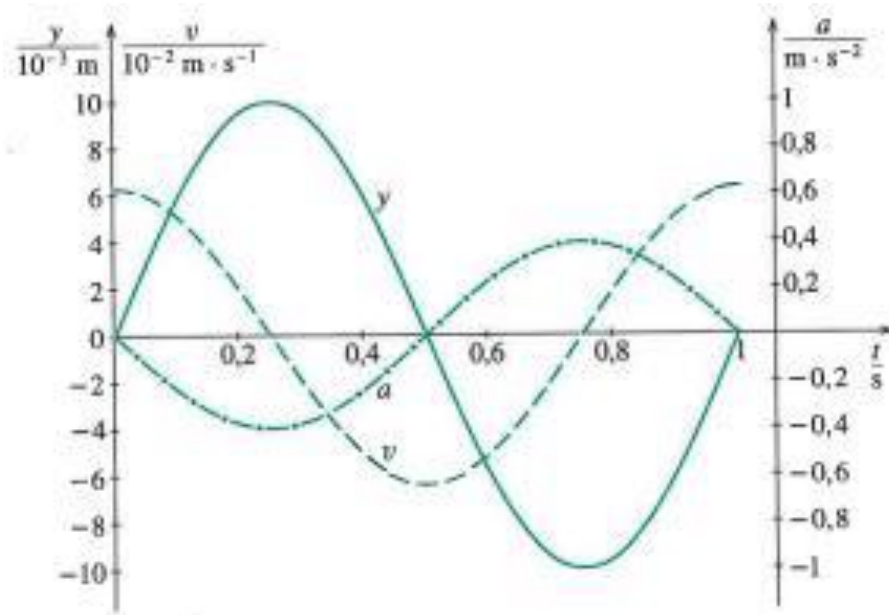
*„Nikdy nemyslím na budoucnost.
Přijde i tak dost brzy.“
Albert Einstein*

$$v = v_m \cdot \cos \omega t$$

$$v_m = y_m \cdot \omega$$

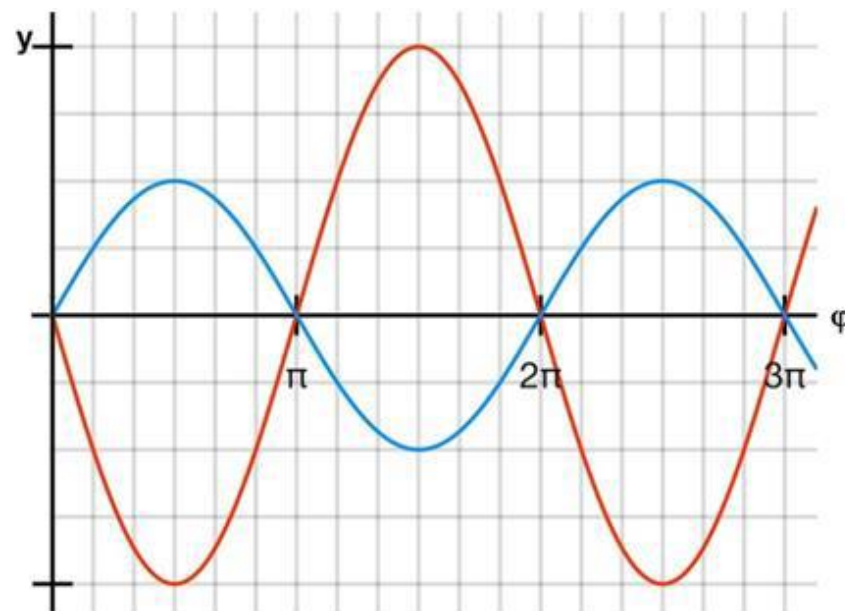
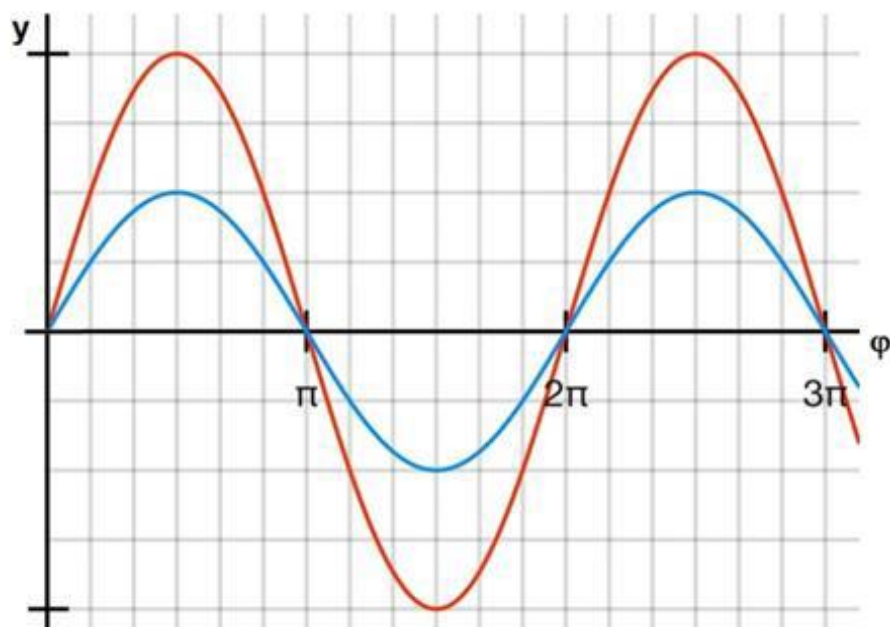
$$a = - a_m \cdot \sin \omega t$$

$$a_m = y_m \cdot \omega^2$$

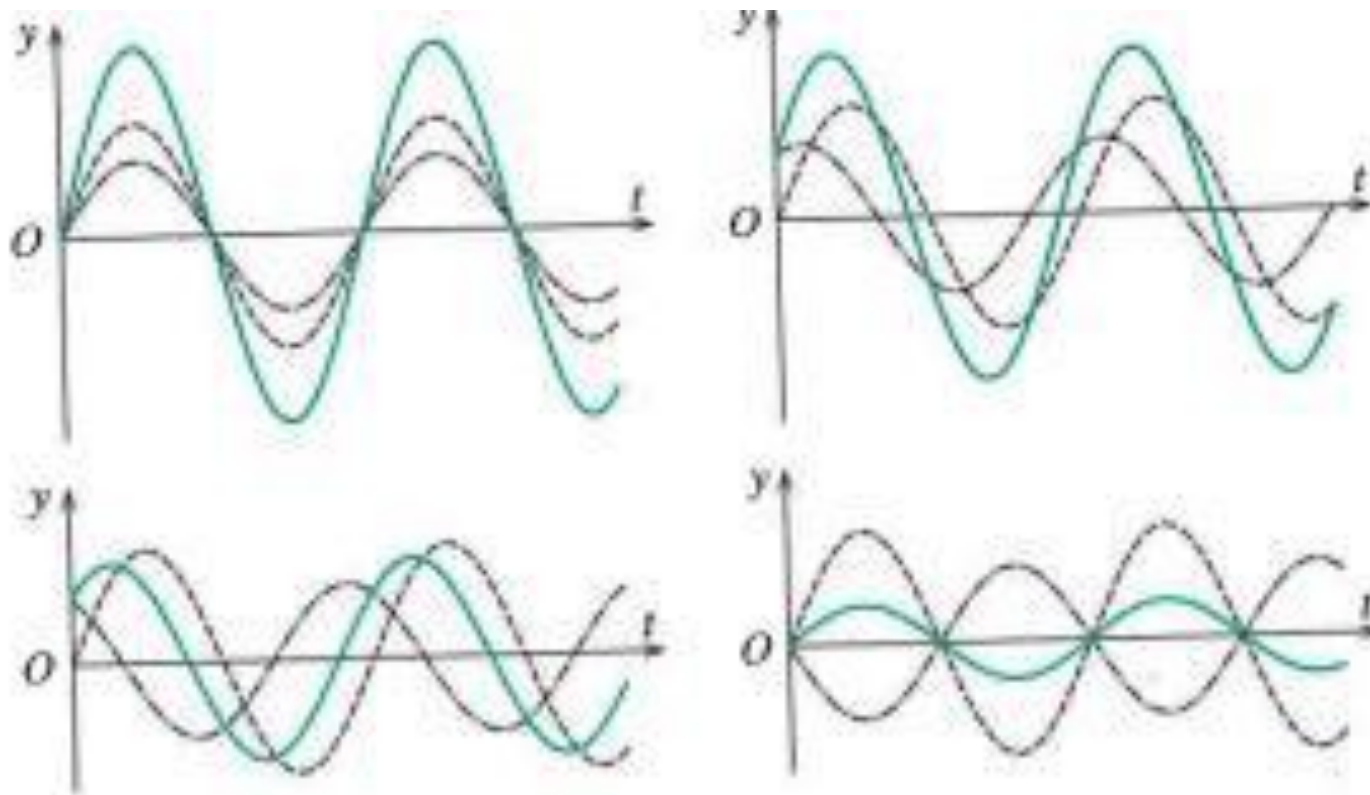


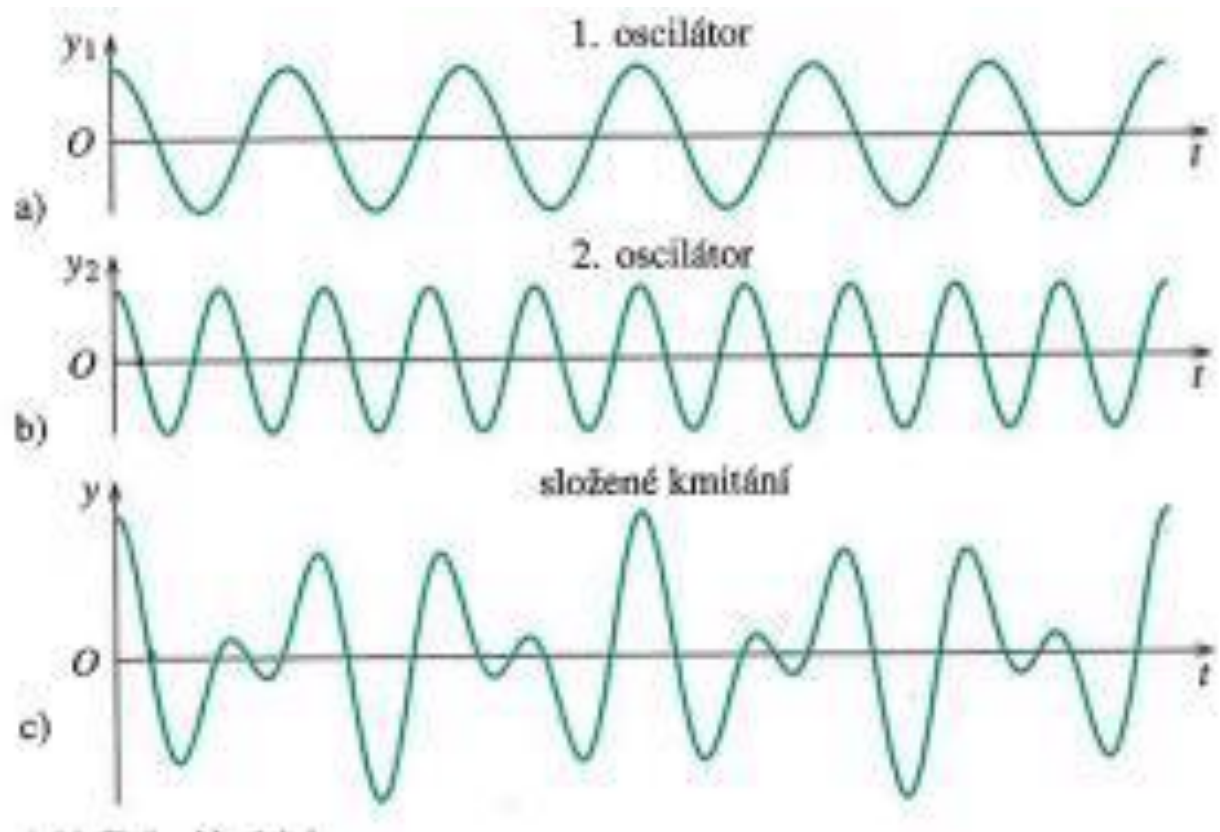
výchylka
 rychlost
 zrychlení
 v jednom grafu

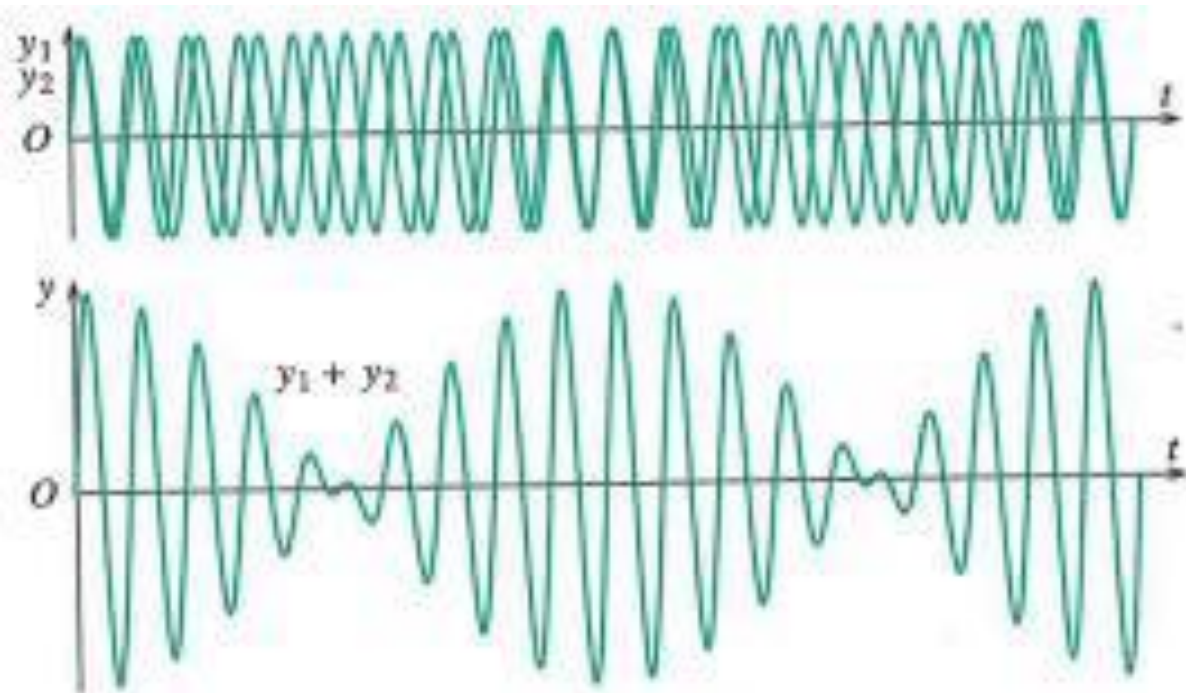
Fázový posun mezi dvěma veličinami



Skládání kmitavých pohybů -princip superpozice

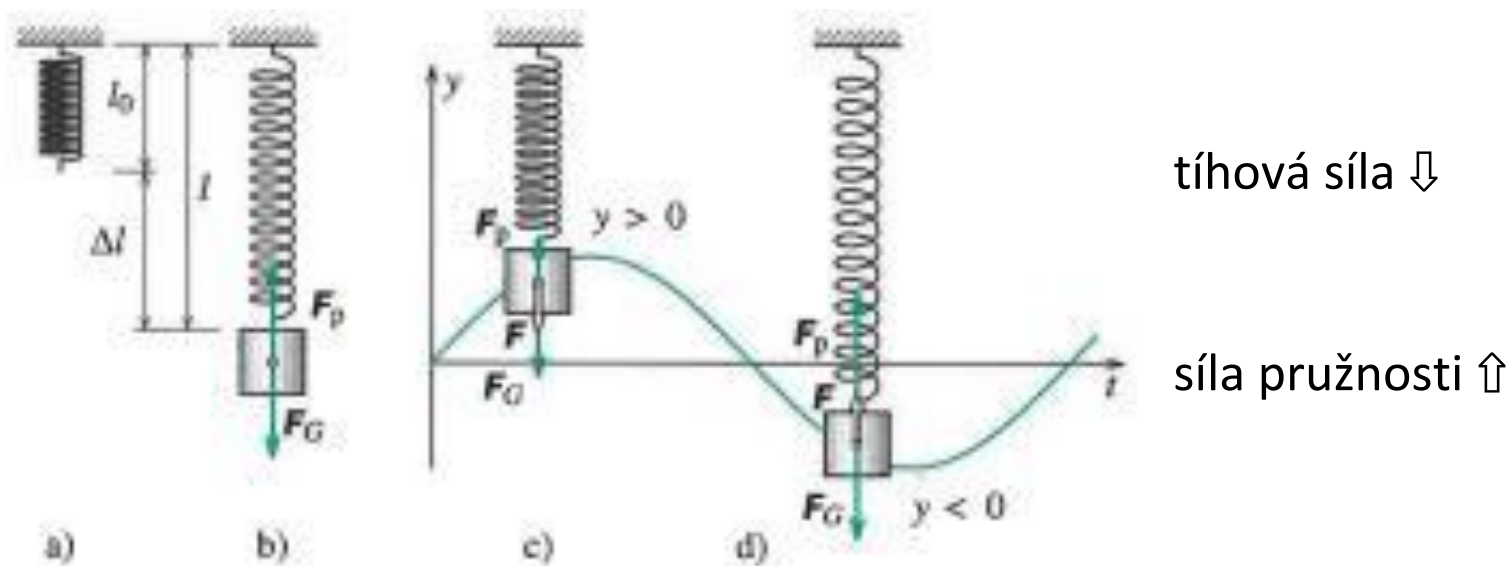






zázněje
(rázy)

Dynamika kmitavého pohybu



Tuhost pružiny

Označujeme písmenem **k**. Vyjadřuje, jak velkou sílu musíme vyvinout, abychom pružinu natáhli nebo stlačili o určitý kousek.

$$k = \frac{F}{\Delta l} \quad [k] = N \cdot m^{-1}$$

Pružinový oscilátor

$$F = -k \cdot y \quad F = -m \cdot \omega^2 \cdot y$$

$$\omega^2 = \frac{k}{m} \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

**Těleso o hmotnosti 3,6 kg kmitalo na pružině o tuhosti $10 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$.
Kolik kmitů vykonalo za 1 minutu?**

128 64

32 16

**Těleso zavěšené na pružině o tuhosti $20 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$ vykoná 10 kmitů
za 3,14 s. Jaká je hmotnost tělesa?**

25 g 50 g

60 g 80 g

Na pružině kmitá zavěšené těleso s periodou 1 s. Zvýšíme-li jeho hmotnost o 3 kg, pak je perioda kmitů 2 s. Jaká je hmotnost tělesa?

0,5 kg 1 kg

2 kg 4 kg

Na pružině kmitá zavěšené těleso s periodou 1 s. Zvýšíme-li jeho hmotnost o 3 kg, pak je perioda kmitů 2 s. Jaká je přibližně tuhost pružiny?

20 N·m⁻¹ 40 N·m⁻¹

60 N·m⁻¹ 80 N·m⁻¹

Těleso o hmotnosti 0,4 kg je zavěšené na pružině o tuhosti 90 N·m⁻¹. Jaká je frekvence jeho kmitů?

2,4 Hz 4,8 Hz

9,6 Hz 19,2 Hz

Těleso zavěšené na pružině o tuhosti 10 N·m⁻¹ vykonalo 30 kmitů za minutu. Jeho hmotnost je průměrně:

0,1 kg 0,25 kg

0,5 kg 1 kg

Mechanický oscilátor tvořený tělesem o hmotnosti 100 g zavěšeným na pružině o tuhosti $10 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$ kmitá s amplitudou 4 cm. Největší síla, která na těleso působí, má velikost:

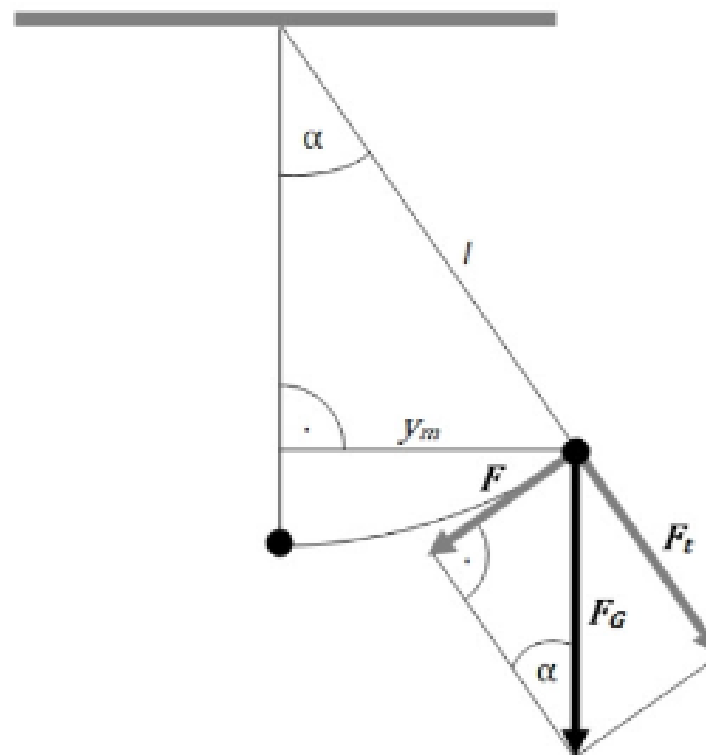
0,1 N 0,2 N

0,3 N 0,4 N

Kyvadlo

tíhová síla $\Downarrow$

tahová síla (ve směru provázku)



$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

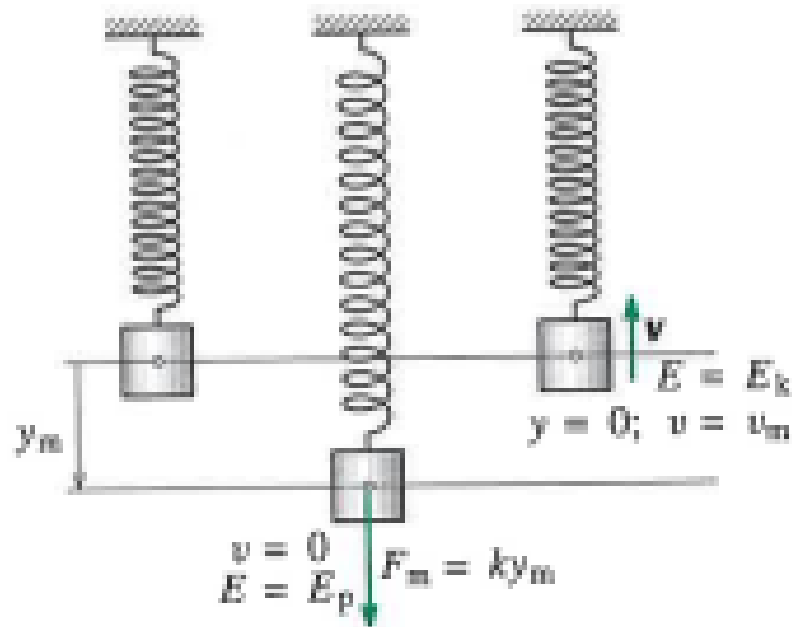
$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}} \quad T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

**Jaká je doba kyvu kuličky zavěšené na niti dlouhé 10 cm?
Uvažujte $9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.**

0,314 s 1,25 s

2,5 s 5 s

Přeměny energie v mechanickém oscilátoru



$$E = E_p + E_k$$

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

Mechanický oscilátor tvořený tělesem o hmotnosti 100 g zavěšeným na pružině o tuhosti $10 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$ kmitá s amplitudou 4 cm. Jeho největší kinetická energie je:

1 mJ 2 mJ

4 mJ 8 mJ

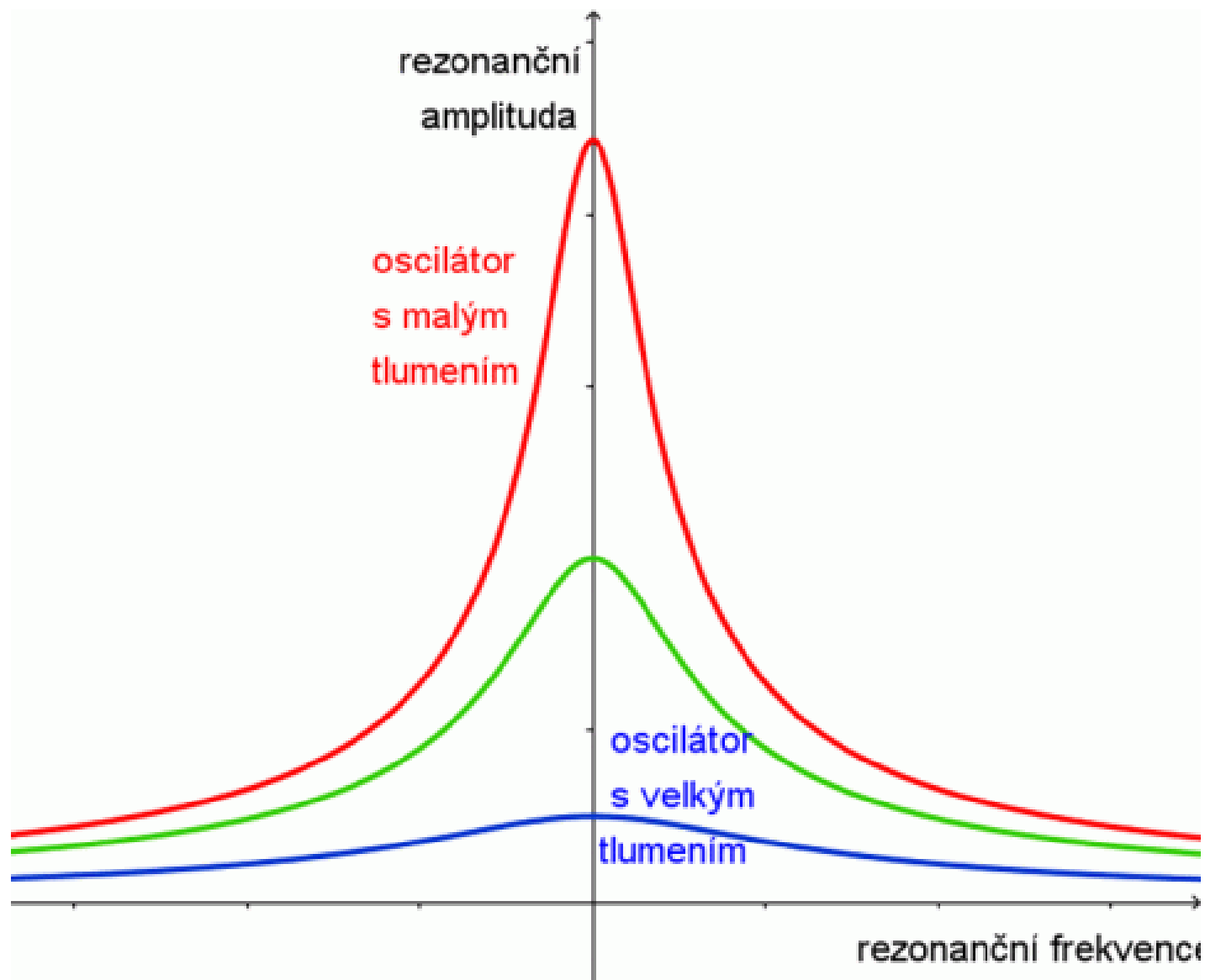
Kyvadlo s délkou závěsu 50 cm kmitá se stejnou periodou jako těleso zavěšené na pružině o tuhosti $50 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$. Hmotnost tělesa je přibližně:

1,25 kg 2,5 kg

5 kg 10 kg

Reálné a nucené kmitání

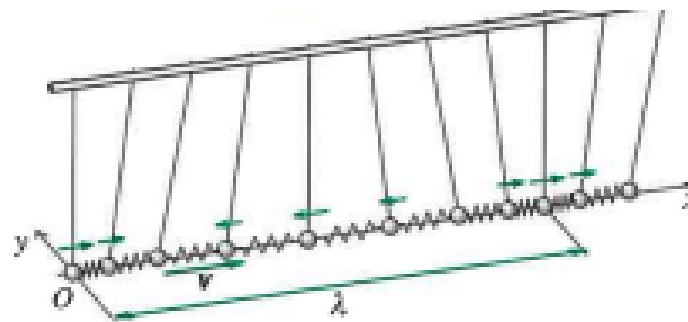
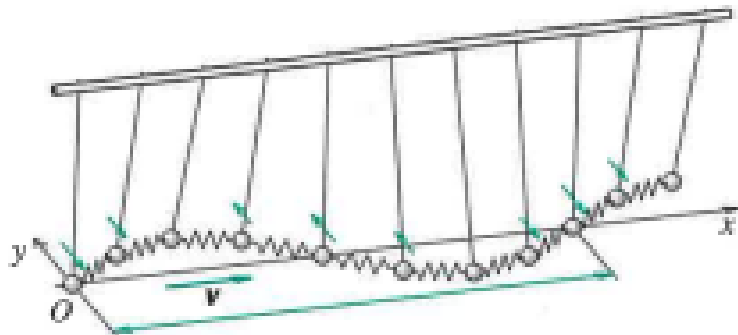
- reálné kmitání je vždy tlumené.
- nucené kmitání - aby oscilátor kmital dál, musíme mu energii dodávat zvenčí.
- netlumené harmonické kmitání - energii přidáváme v průběhu celé periody.
- u nuceného kmitání se oscilátor „naladí“ na frekvenci vnějšího působení.
- pokud se tato „nucená“ frekvence shoduje s vlastní frekvencí oscilátoru, nastává jev zvaný rezonance.

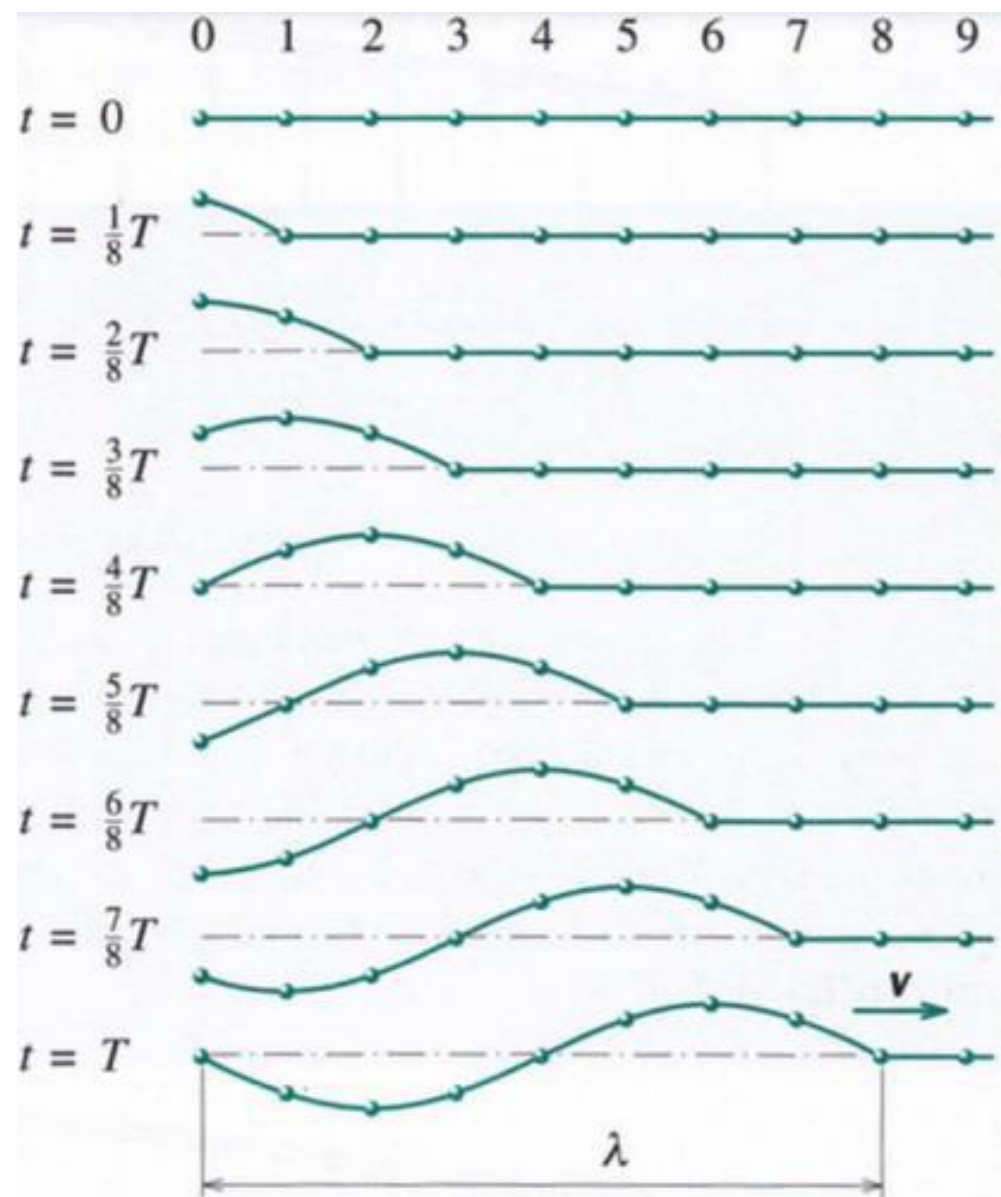


Mechanické vlnění

Mechanické vlnění je způsob, jakým se v látkovém prostředí přenáší energie. Částice se díky vazbám postupně rozkmitají jedna za druhou. Může se šířit ve všech skupenstvích látek.

Rozlišujeme vlnění příčné a podélné.





Vlnová délka (λ)

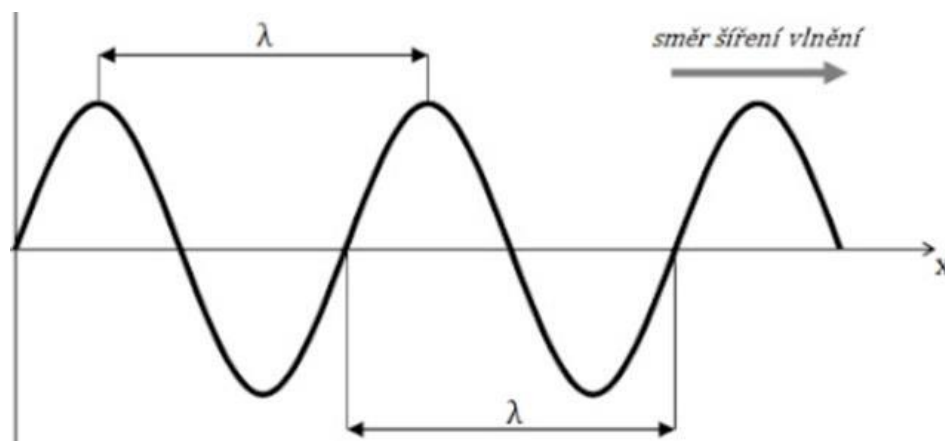
Vlnová délka se značí řeckým písmenem λ a její jednotkou je metr (m).

Můžeme si ji představit jako vzdálenost, kterou vlna „urazí“ za jednu periodu.

Jde o nejmenší vzdálenost dvou bodů, které kmitají ve stejné fázi.

Platí vztah:

$$\lambda = v \cdot T$$



Rovnice postupného vlnění

$$y = y_m \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$


fáze vlnění

Postupné mechanické vlnění je popsáno rovnicí

$$y=0,2\sin 2\pi(4t-2x).$$

Určete jeho vlnovou délku.

0,5 m 1 m

1,5 m 2 m

Postupné mechanické vlnění je popsáno rovnicí

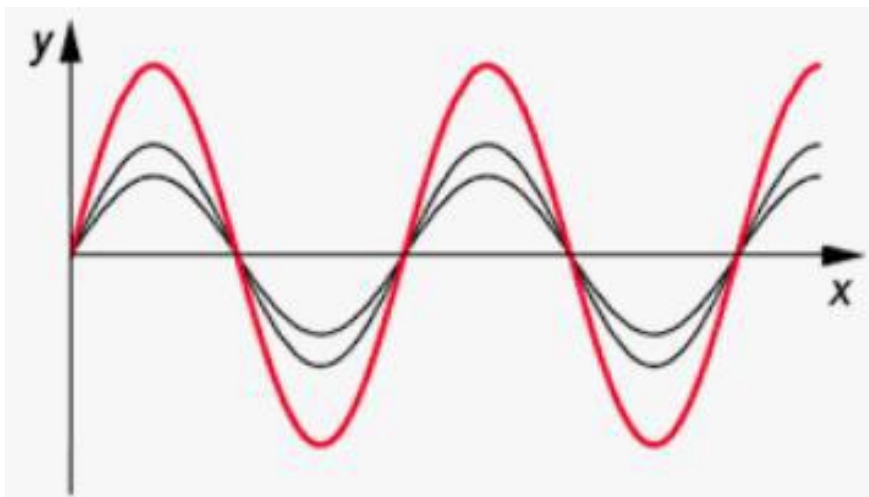
$$y=0,2\sin 2\pi(4t-2x).$$

Určete jeho vlnovou rychlost.

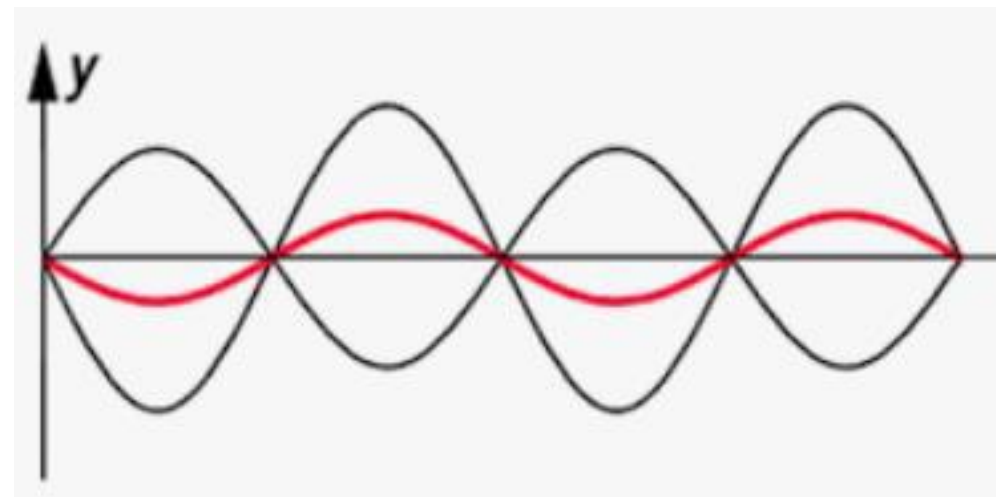
$$0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \quad 1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \quad 4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

Interference vlnění

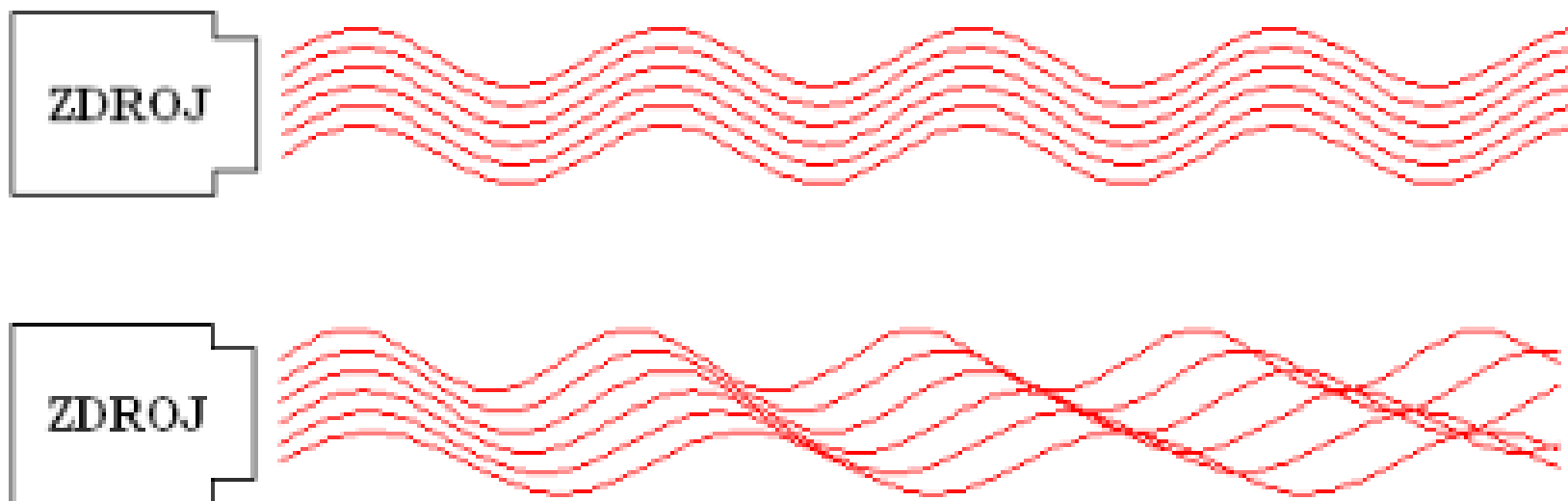


se stejnou fází



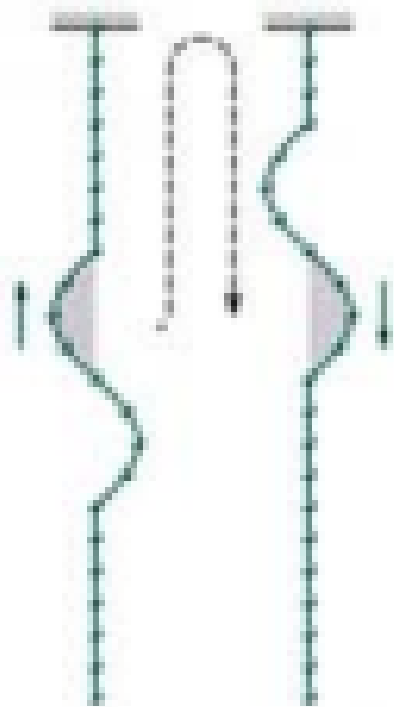
s opačnou fází

Koherentní vlnění -fázový rozdíl se nemění

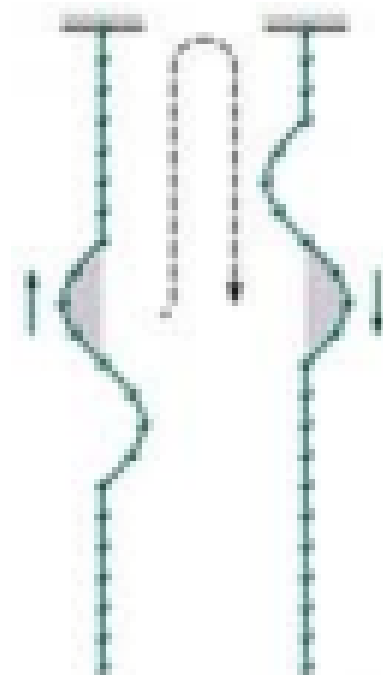


Odraz vlnění

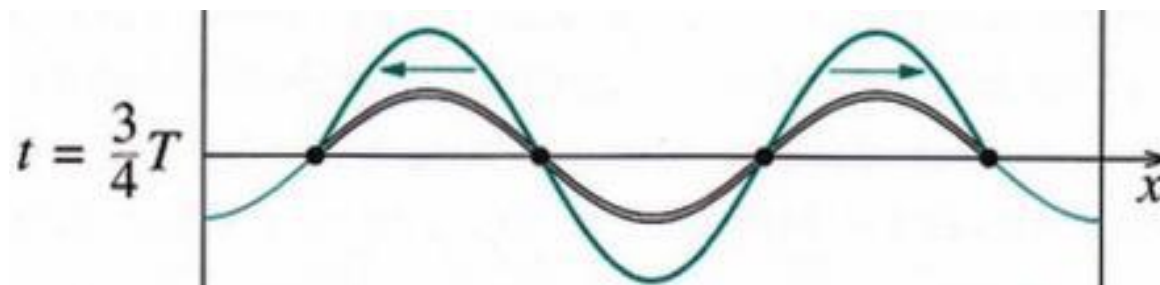
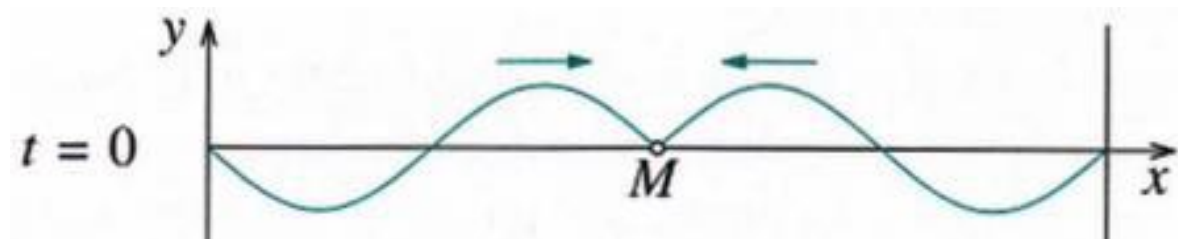
na pevném konci

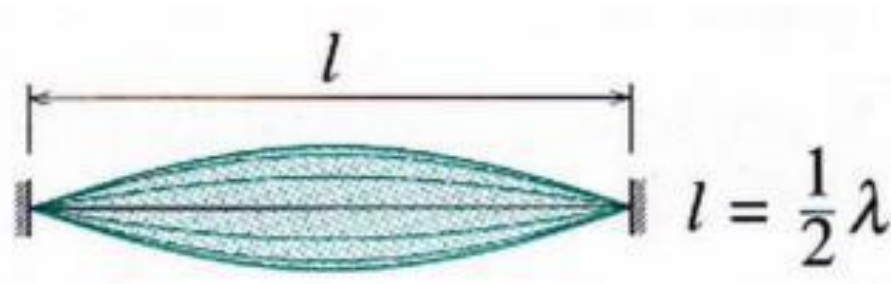


na volném konci

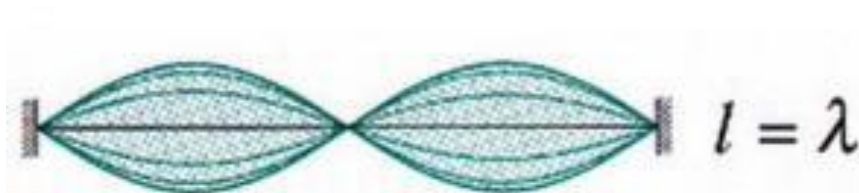


Stojaté vlnění





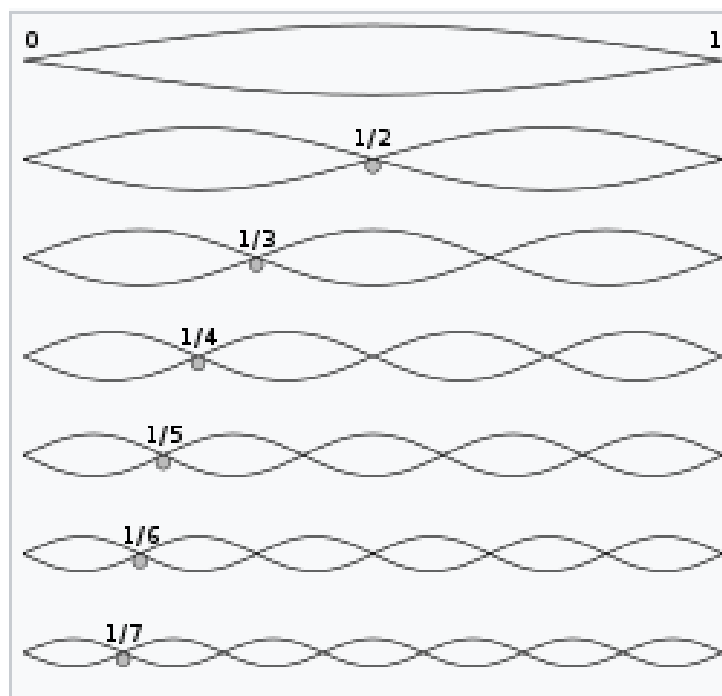
uzel – místo, které nekmitá



kmitna – místo, které kmitá
s největší amplitudou

Energie se nepřenáší, přeměňují se její formy.

Vyšší harmonické frekvence -celočíselný násobek základní frekvence



Chladního obrazce



Šíření vlnění

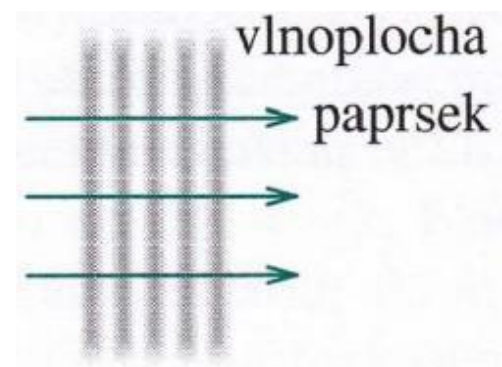
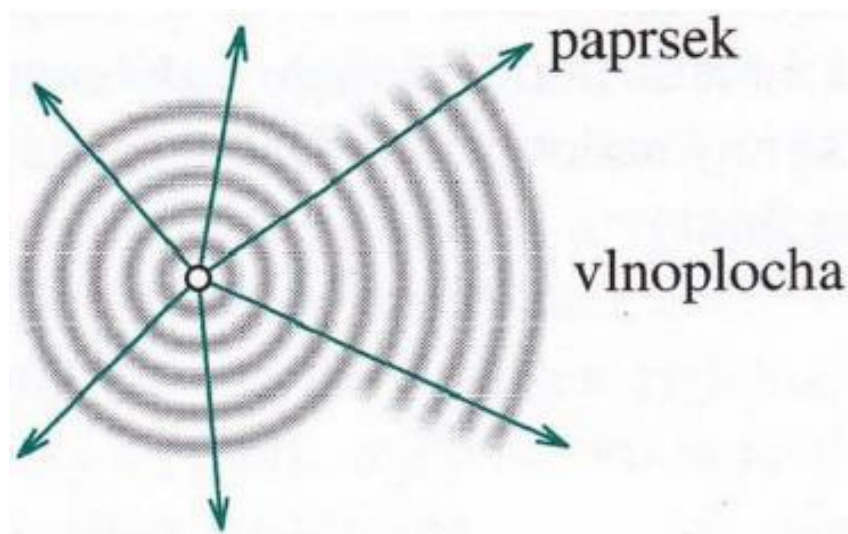
Izotropní prostředí je takové, kde se vlna šíří ve všech směrech stejnou rychlostí.

Anizotropní prostředí naopak způsobuje, že se vlna šíří v různých směrech různou rychlostí.

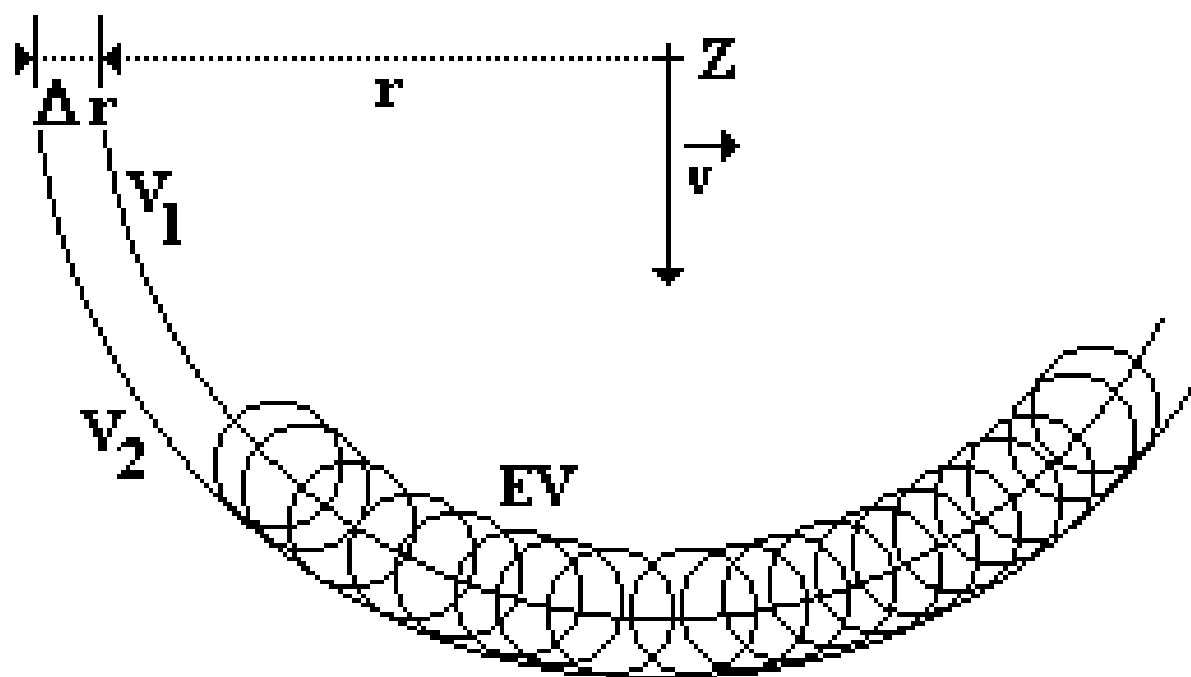
„Dělat nemožné je vždycky legrace.“

Walt Disney

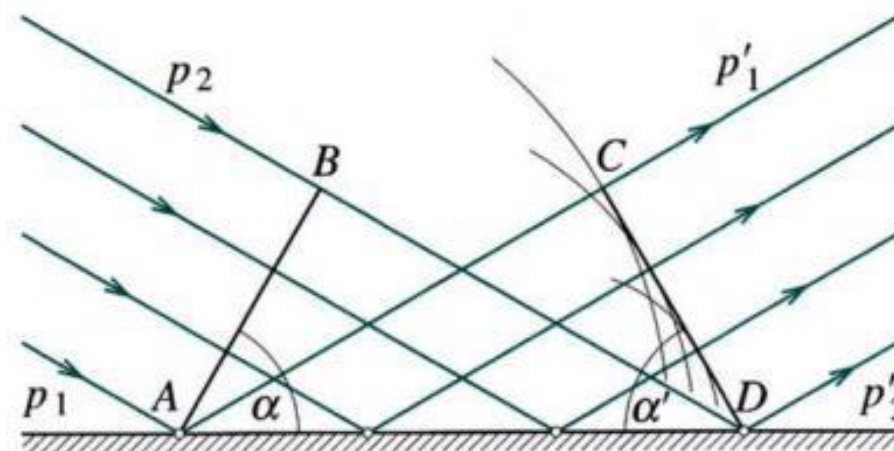
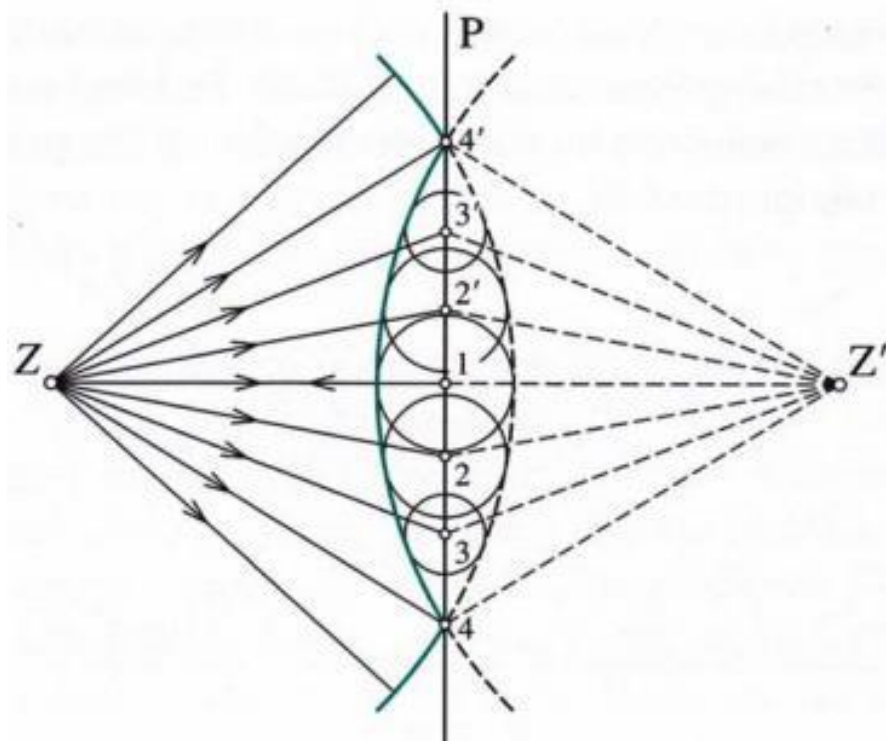
Pojmy k popisu šíření



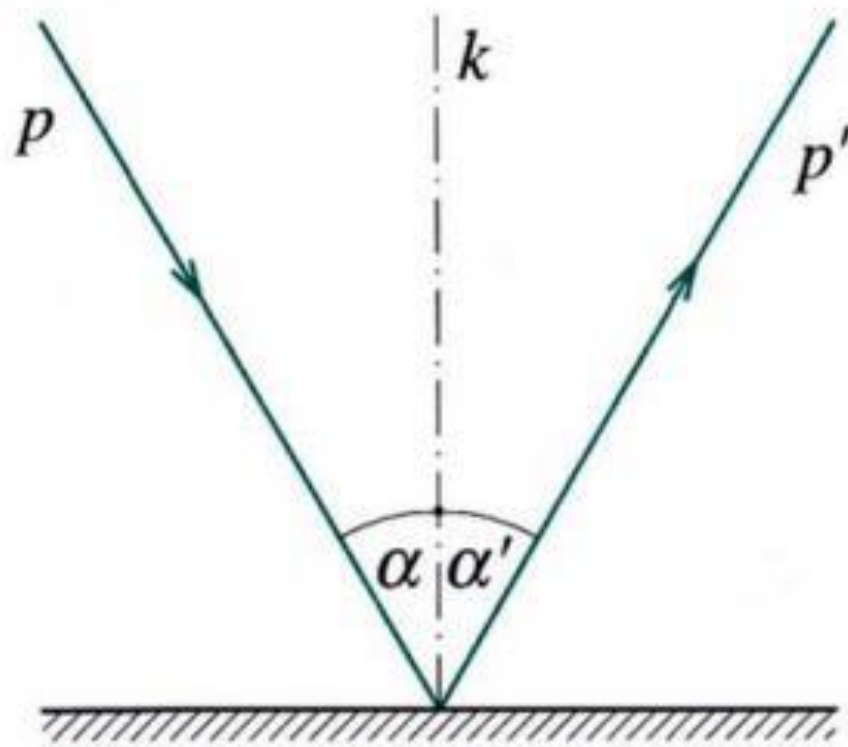
Huygensův princip



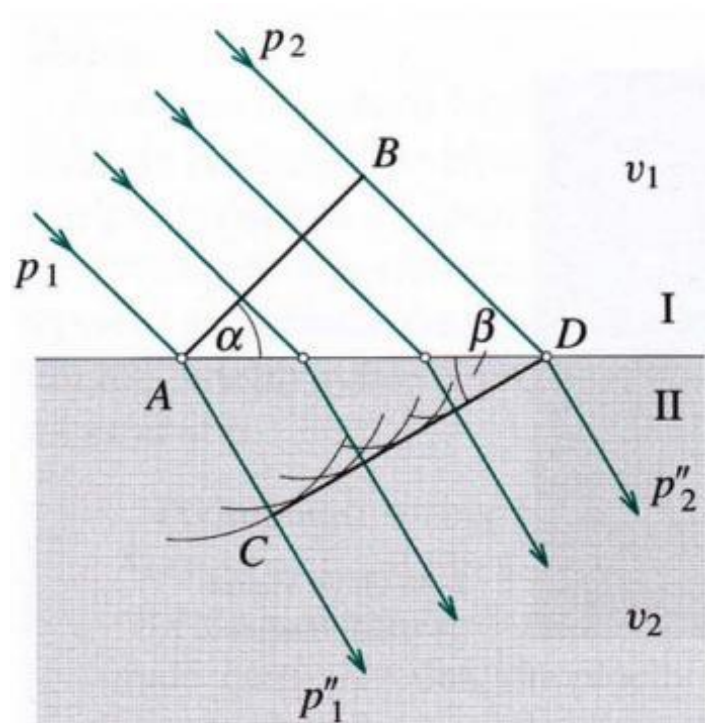
Odraz kulové a rovinné vlnoplochy



Zákon odrazu



Zákon lomu



$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2}$$

vyšší rychlost - větší úhel

Zvukové vlnění

Zvuk, jak ho vnímáme ušima, je vlastně mechanické vlnění. Musí mít vlnění frekvenci přibližně 16 Hz-16 kHz (někdy se jako horní hranice uvádí až 20 kHz).

Šíří se jen v látkovém prostředí (ve vakuu ne).

Infrazvuk a ultrazvuk

Infrazvuk je zvuk o frekvenci nižší. Čím nižší frekvence, tím delší je vlnová délka. Díky tomu se infrazvuk dobře šíří zejména v kapalinách.

Ultrazvuk má naopak frekvenci vyšší než horní hranice slyšitelnosti člověka. Čím vyšší frekvence, tím kratší vlnová délka. Určité frekvence ultrazvuku mohou být problémem, pokud se blíží rytmu srdeční činnosti. Je silně absorbován v plynech.

Zdroj zvuku

Zvuk vzniká chvěním pružných těles.

Neperiodický průběh – nepravidelné chvění, které vnímáme jako hluk.

Periodický průběh – pravidelné chvění, které dává vznik tónu.

Zvláštní případ – harmonický průběh – ideálně pravidelné chvění, které vydává například ladička.

Sonar měří hloubku moře. Odražený ultrazvukový signál se vrátil k lodi za 3 s. Jaká je hloubka? Uvažujte rychlost zvuku ve vodě 1440 m/s.

540 m 1080 m

2160 m 3240 m

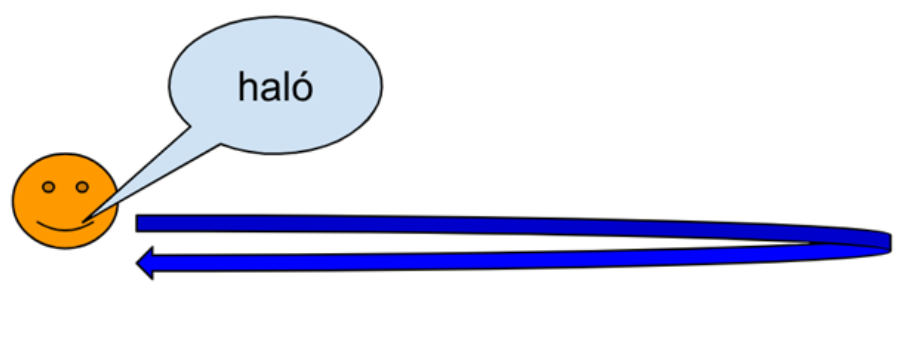
Šíření zvuku

Rychlost zvuku není všude stejná – mění se podle prostředí.

Nejrychleji se zvuk šíří v pevných látkách a nejpomaleji v plynech.

Na rychlost zvuku má vliv také teplota.

Zajímavým jevem je ozvěna. Tu slyšíme tehdy, když se zvuk odrazí od překážky, která je alespoň 17 metrů daleko.



Výška tónu

Absolutní výška tónu je dána přímo jeho frekvencí.

Relativní výška tónu vzniká tehdy, když porovnáváme konkrétní tón s nějakým referenčním tónem. V hudbě se za takový standard používá komorní a, jehož frekvence je 440 Hz.

Hlasitost

Hlasitost je subjektivní veličina.

Sluch je různě citlivý u různých frekvencí.

Naše uši jsou nejcitlivější v oblasti od zhruba 700 Hz do 6 kHz.

Intenzita zvuku

$$I = \frac{P}{S} \quad [I] = W \cdot m^{-2}$$

práh slyšení $-10^{-12} W \cdot m^{-2}$

práh bolesti $-1 W \cdot m^{-2}$

hladina intenzity

(akustického výkonu)

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

$$[L] = dB$$

Intenzitě zvuku $10^{-6} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ s frekvencí 1 kHz odpovídá hladina intenzity:

60 dB 70 dB

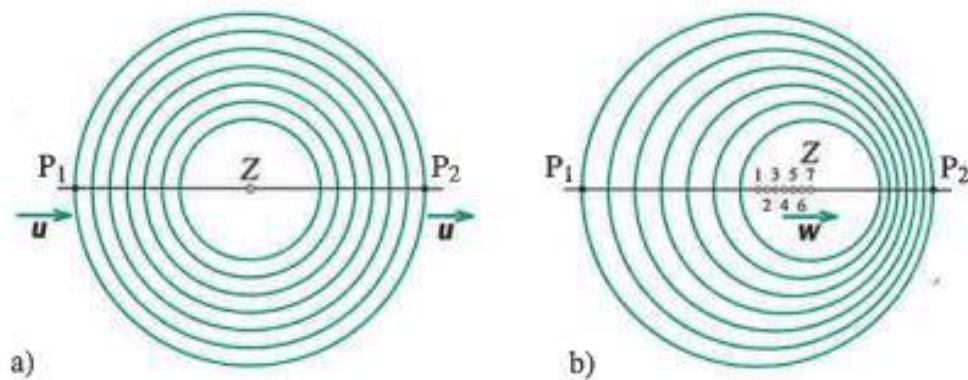
80 dB 90 dB

Hladině 90 dB zvuku s frekvencí 1 kHz odpovídá intenzita zvuku:

$10^{-3} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ $10^{-4} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

$10^{-5} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ $10^{-6} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

Dopplerův jev



**Pokud je zdroj zvuku v klidu, přijímač se pohybuje rychlostí u ,
zvuk má rychlost v :**



$$f_{vz} = \frac{v-u}{v} f = \left(1 - \frac{u}{v}\right) f \qquad f_{př} = \frac{v+u}{v} f = \left(1 + \frac{u}{v}\right) f$$

**Pokud je přijímač zvuku v klidu, zdroj se pohybuje rychlostí w ,
zvuk má rychlost v :**



$$f_{př} = \frac{v}{v-w} f$$

$$f_{vz} = \frac{v}{v+w} f$$

Siréna lokomotivy vydává zvuk o frekvenci 1000 Hz. Měřič frekvence u trati naměřil frekvenci 944 Hz. Uvažujte rychlost zvuku $340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Lokomotiva se vzdaluje rychlostí přibližně:

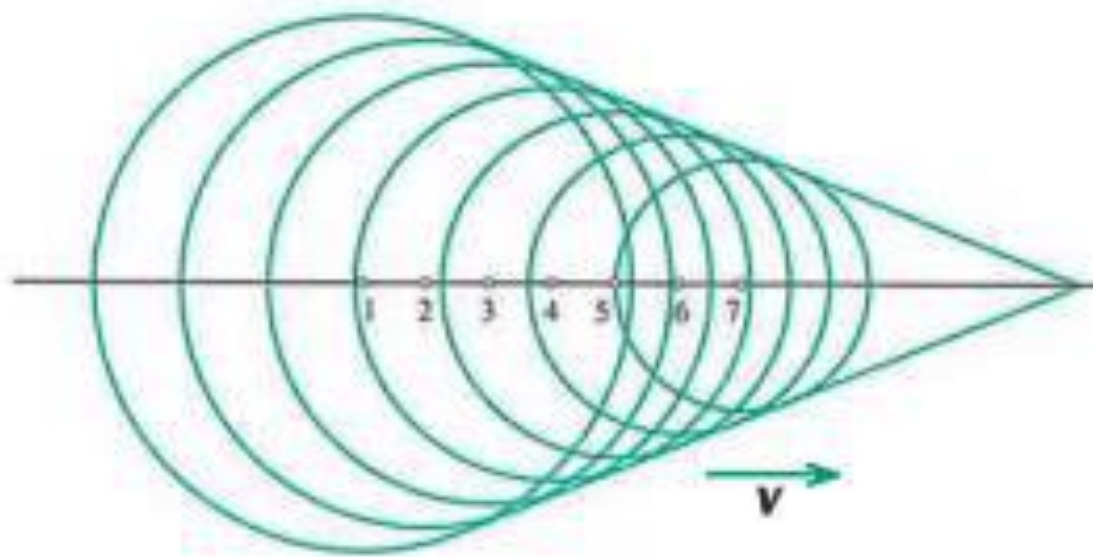
15 m/s 20 m/s

25 m/s 30 m/s

Siréna lokomotivy vydává zvuk o frekvenci 1000 Hz. Měřič frekvence u trati naměřil frekvenci 1056 Hz. Uvažujte rychlost zvuku $340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Lokomotiva se přibližuje rychlostí přibližně:

$12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ $18 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

$23 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ $25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$



rázová vlna při pohybu nadzvukovou rychlostí

Machovo číslo -M

pro vyjádření nadzvukové rychlosti

$$M = 1 \Rightarrow v = 340 \text{ m.s}^{-1} = 1224 \text{ km.h}^{-1}$$



Jaký je hlavní rozdíl mezi zvukem a ultrazvukem?

- a) Rychlost ultrazvuku je větší než rychlost zvuku.**
- b) Zvukové vlny jsou mechanické, zatímco ultrazvukové jsou elektromagnetické.**
- c) Zvukové kmity jsou příčné, zatímco ultrazvukové podélné.**
- d) Frekvence zvuku je vyšší než frekvence ultrazvuku.**

Watt na metr čtvereční ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$) je jednotka?

- a) Hladiny intenzity zvuku.**
- b) Intenzity zvuku.**
- c) Akustického výkonu.**
- d) Akustického tlaku.**

Příčné mechanické vlnění může vzniknout:

- a) Pouze v plynném skupenství.**
- b) Pouze v objemu kapaliny.**
- c) Zejména v tuhém skupenství.**
- d) Ve všech skupenstvích.**

Periodické tlakové změny, v jejichž podobě se šíří zvuková vlna, jsou dějem:

- a) Adiabatickým.**
- b) Izotermickým.**
- c) Izochorickým.**
- d) Izobarickým.**

Která věta je pravdivá?

- a) Ultrazvuk se může šířit pouze v plynech a kapalinách.**
- b) Zvuk se může šířit ve vakuu.**
- c) Vzduchem se šířící zvukové vlny jsou podélnými mechanickými kmity.**
- d) Zvukové kmity jsou oscilacemi elektromagnetického pole.**

Která věta je nepravdivá?

- a) Zvukové vlny jsou nejlépe slyšitelné při frekvenci 20 kHz.**
- b) Hladina intenzity zvuku je udávána v dB.**
- c) Vzduchem se šířící zvukové vlny jsou podélnými mechanickými kmity.**
- d) Zvuk se nemůže šířit vakuem.**

Zvýší-li se hladina intenzity zvuku o 50 dB, pak poměr mezi původní a konečnou intenzitou zvuku lze vyjádřit:

- a) 1:50**
- b) 1:500**
- c) $1:10^{50}$**
- d) $1:10^5$**

Intenzita zvuku se zvýšila o $1\text{mW}\cdot\text{m}^{-2}$. Hladina intenzity zvuku se proto musela zvýšit o:

- a) 1 dB**
- b) 0,001 dB**
- c) 0,002 dB**
- d) 90 dB**

**Původní intenzita zvuku měla hodnotu $1 \cdot 10^{-6} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ přesně.
Hladina intenzity zvuku se zvýšila o 50dB. Jaká je nyní intenzita zvuku?**

- a) $50,000001 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$**
- b) $5 \cdot 10^{-5} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$**
- c) $0,1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$**
- d) nelze rozhodnout**

Příkladem podélného postupného vlnění může být:

- a) Mořský příboj.**
- b) Světlo šířící se prostorem.**
- c) Ozvěna v jeskyni.**
- d) Chvění struny.**

Příkladem podélného stojatého vlnění může být:

- a) Mořský příboj.**
- b) Světlo šířící se prostorem.**
- c) Ozvěna v jeskyni.**
- d) Chvění vzduchového sloupce v píšťale.**

Tzv. Chladniho obrazce jsou projevem mechanického vlnění:

- a) Postupného příčného.**
- b) Postupného podélného.**
- c) Stojatého podélného.**
- d) Stojatého příčného.**

Samohlásky mají charakter:

- a) Čistých tónů.**
- b) Vyšších harmonických tónů.**
- c) Barevných složených tónů.**
- d) Hluků a šumů.**

Souhlásky mají charakter:

- a) Složených tónů.**
- b) Vyšších harmonických tónů.**
- c) Barevných tónů.**
- d) Hudebních zvuků.**

Ve které z dále uvedených látek se zvuk šíří nejvyšší rychlostí?

a) Vzduch.

b) Ocel.

c) Helium.

d) Voda.

O kolik decibelů se zvýší hladina intenzity zvuku, vzroste-li intenzita zvuku tisíckrát?

- a) 1000 dB**
- b) 100 dB**
- c) 30 dB**
- d) 3 dB**

*„Neztrácej čas hledáním překážky,
možná že žádná není.“*
Franz Kafka

Pracovní list

Molekulová fyzika a termika; mechanické kmitání a vlnění

Zvuky

pomůcky: LabQuest, mikrofón, ladička, hudební nástroj

Co slyšíme...

1. zapni LabQuest, v hlavním menu vyber Audiogenerátor
2. nezávisle na sobě můžeme nastavovat dva zvukové kanály (pro začátek nastavuj oba stejně); vyzkoušej, jak vnímáš zvuky různých frekvencí
3. pokud nastavíš dvě, jen velmi málo odlišné frekvence (např. 500 a 501), vznikají rázy (zázněje)

Hluk, tón, barva tónů...

zdrojem zvuku je kmitající těleso; jako zdroj použij své hlasivky, ladičku, hudební nástroj

1. k LabQuestu připoj mikrofón

2. zvol zobrazení Graf



3. vydávej hlásku "s", popř. "š" ; stiskni tlačítko pro záznam
4. prohlédni si graf - zvuk je neperiodický, označujeme ho jako hluk
5. vydávej samohlásky "a", "e", "i", "o", "u"; zaznamenej a časové diagramy navzájem porovnej; porovnej průběh stejné samohlásky vydané různými osobami; všimni si, který záznam připomíná sinusoidní průběh; samohlásky mají periodický průběh, označujeme je jako tón
6. rozezni ladičku; zaznamenej; časový diagram by měl mít harmonický průběh
7. použij jako zdroj zvuku hudební nástroj; z časového diagramu urči periodu, z ní frekvenci

Co unese jeden vlas

pomůcky: LabQuest, siloměr, lepicí páska, špejle, provázek

Jakou silou přetrhneme jeden vlas? Mají ženy a muži stejně pevné vlasy? Mohli bychom někoho zvednout do výšky za cop?

1. připravíme si vzorky vlasů - oba konce v délce cca 3 cm nalepíme na lepicí pásku, tu potom nalepíme (obtočíme) na kousek špejle; k jedné špejli přivážeme kousek provázku
2. zapneme LabQuest, připojíme siloměr (rozsah siloměru na ± 10 N)
3. konec špejle s provázkem zahákneme za siloměr, druhý konec držíme v ruce; před spuštěním měření siloměr vynulujeme (nabídka Senzor . Vynulovat)
4. spustíme měření, siloměr přidržíme na stole, druhou špejli plynule táhneme, dokud vlas nepraskne
5. z displeje odečteme velikost síly (nejvyšší hodnotu)

měření opakujte pro další vzorky, výsledky mezi sebou porovnejte
najděte na internetu, jaký je u člověka průměrný počet vlasů; rozhodněte, zda bychom mohli člověka zvednout do výšky za vlasy

Co unese jeden vlas

naměřené hodnoty

vzorek	F (N)
žena 1 (temeno)	
žena 1 (týl)	
žena 2 (temeno)	
žena 2 (týl)	
muž 1 (temeno)	
muž 1 (týl)	
muž 2 (temeno)	
muž 2 (týl)	

průměrný počet vlasů

Chladnutí těles

pomůcky: teploměr, počítač, kádinka, rychlovarná konvice

Kapalina, jejíž teplota je vyšší než teplota okolí, se bude ochlazovat. Pokles teploty není ale lineární. Ověřte platnost Newtonova ochlazovacího zákona, který říká, že teplotní rozdíl mezi teplotou předmětu a teplotou jeho okolí, klesá exponenciálně s časem.

1. do kádinky nalijeme horkou vodu
2. v počítači spustíme Graphical Analysis, připojíme teploměr
3. vlevo dole zvolíme Režim: Časová závislost...; Zastavit měření nastavíme po 100 s, vzorkovací frekvenci necháme na 2 Hz; potvrdíme
4. teploměr vložíme do kádinky s horkou vodou alespoň na 30 s
5. teploměr vyjmeme z horké vody a spustíme měření; (teploměr necháme položený na desce stolu)
6. po ukončení měření stisknete vlevo dole tlačítko pro automatické měřítko

ověřte, jestli platí nelineární průběh změny teploty na čase i pro ohřívání těles - teploměr vložte na jednu minutu do studené vody, po jeho vyjmutí spustíte znova měření.

Vypařování

pomůcky: teploměr, počítač, vzorky různých kapalin

Kapalina při vypařování odebírá z okolí skupenské teplo vypařování. Rychlost vypařování je pro různé kapaliny při stejných podmínkách různá.

1. změň nastavení měření - zastavit měření po 30 s
2. namoč konec teploměru do prvního vzorku kapaliny, teploměr vyjmi, spust' měření (teploměr drž ve vodorovném směru, popř. ho polož na desku stolu)
3. po ukončení měření opláchni teploměr v kádince s vodou, otři ho papírovou utěrkou a pokračuj s dalším vzorkem
4. po posledním měření vyber po levé straně grafu označení osy Teplota (°C) a zvol zobrazit vše - půjdou vidět všechna měření v jednom grafu

Povrchové napětí

pomůcky: LabQuest, siloměr, špejle, nit, fotomiska, voda, slaná voda

povrchové napětí kapaliny určíme experimentálně odtrhávací metodou; z hladiny kapaliny budeme zvedat dřevěnou špejli

1. špejli o známé délce (10 a 15 cm) na koncích nařízíme, abychom v těchto místech snáze uvázali nit - potřebujeme "poutko" na uchycení k siloměru
2. zapneme LabQuest, připojíme siloměr (rozsah siloměru na ± 10 N); frekvenci nastavíme na 500 Hz
3. špejli položíme na vodní hladinu, počkáme chvíli, aby nasákla vodou
4. provázek zavěsíme na siloměr, špejli zvedneme z hladiny; siloměr vynulujeme
5. spustíme měření a plynule několikrát (alespoň třikrát) spustíme špejli na hladinu a pak ji opět zvedneme
6. z displeje odečteme velikost síly (nejvyšší hodnotu); můžeme využít i hodnoty v tabulce
7. ze známé délky a velikosti síly vypočítáme hodnotu povrchového napětí; porovnáme ji s tabulkovou hodnotou
8. měření zopakujeme se slanou vodou

naměřené hodnoty

délka špejle (cm)	
-------------------	--

kapalina	F (N)	σ (N.m ⁻¹)
studená voda		
slaná voda		

Určení tuhosti pružiny oscilátoru

pomůcky: dva různé pružinové oscilátory, digitální váha, LabQuest, sonar (čidlo polohy), stojan

Jako pružinový oscilátor použijeme dvě dřevěné hračky na pružinách. Pružiny mají různou tuhost, hračky se liší hmotností. Ze známé hmotnosti a periody výpočtem určíme pro obě pružiny jejich tuhost. Pružiny pak u hraček vyměníme a v dalším měření hodnoty tuhosti pružin ověříme.

1. pomocí laboratorní váhy urči hmotnost hraček
2. hračky připevni pomocí drátku na pružiny
3. zapni LabQuest, připoj sonar; sonar polož na stůl
4. zvol Graf, zajímá nás pouze poloha v závislosti na čase (graf - nastavení - u grafu závislosti rychlosti na čase zrušte všechny volby), k měření stačí 5 s
5. oscilátor zavěs na stojan do takové výšky, aby byla při kmitání vzdálenost mezi sonarem a hračkou v její nejnížší poloze přibližně 20 cm
6. oscilátor nechej volně kmitat, spusť měření, to se po 5 s ukončí
7. z grafu si zjistí časy, ve kterých dosáhne oscilátor amplitudy výchylky; z nich určí periodu
8. z hmotnosti a periody vypočítej tuhost pružiny obou oscilátorů
9. pružiny prohod', u obou oscilátorů změř opět jejich periody
10. vypočítej u každého tuhost pružiny a porovnej je s předchozí hodnotou

Určení tuhosti pružiny oscilátoru

naměřené hodnoty:

hmotnost (g)	
žába	
Pinocchio	

světlá pružinka

pozn. v grafu by měly být vidět čtyři horní (resp. dolní) amplitudy výchylky - získáš tak pro kontrolu tři hodnoty periody ($t_2 - t_1$; $t_3 - t_2$; $t_4 - t_3$); pro hodnotu T použij aritmetický průměr

	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t_4 (s)	T (s)	k (N.m ⁻¹)
žába						
Pinocchio						

tmavá pružinka

	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t_4 (s)	T (s)	k (N.m ⁻¹)
Pinocchio						
žába						

závěr:

8.

Test

Molekulová fyzika a termika; mechanické kmitání a vlnění

Vyber nesprávné tvrzení: pro vzdálenost r mezi dvěma částicemi, která odpovídá rovnovážné poloze, je:

- a) výsledná síla přitažlivá
- b) výsledná síla nulová
- c) výsledná síla odpudivá
- d) nelze jednoznačně odpovědět

V pevných látkách s pravidelným uspořádáním částic (krystalovou strukturou) vykonávají tyto částice převážně pohyb

- a) translační
- b) vibrační
- c) rotační
- d) nevykonávají žádný pohyb

Vyberte nesprávné tvrzení:

- a) teplo je stavovou veličinou
- b) vnitřní energie je stavovou veličinou
- c) objem není stavovou veličinou
- d) práce je stavovou veličinou

Při ději, který není spojen s konáním práce, lze přírůstek vnitřní energie soustavy ΔU vyjádřit jako

- a) $\Delta U = W$
- b) $\Delta U = -W$
- c) $\Delta U = -Q$
- d) $\Delta U = Q$

Jednotkou konstanty v Boylově-Mariottovu zákonu je

- a) N
- b) Pa
- c) J
- d) $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$

Na počátku izochorického děje s ideálním plynem o daném počtu molů byla teplota $t_1 = 27^\circ\text{C}$ a tlak $p_1 = 100\text{ kPa}$. Po skončení děje je teplota $t_2 = 147^\circ\text{C}$. Tlak p_2 po skončení děje má hodnotu

- a) 180 kPa
- b) 140 kPa
- c) 360 kPa
- d) 544 kPa

Normálové napětí v tyči, na kterou působí tahem síla o velikosti 2 kN je 20 MPa. Jaký je průřez tyče?

- a) $0,1\text{ cm}^2$
- b) $0,2\text{ cm}^2$
- c) 1 cm^2
- d) 2 cm^2

Vyberte správné tvrzení:

- a) účinnost kruhového děje je rovna 1
- b) účinnost kruhového děje je menší než 1
- c) celková změna vnitřní energie pracovní látky po ukončení jednoho cyklu kruhového děje je nulová
- d) vhodnou volbou jednotlivých dílčích dějů kruhového cyklu lze veškeré teplo převzaté od ohřívače přeměnit v práci

Uvažujme železnou odměrnou nádobu kalibrovanou na objem 10 dm^3 za předpokladu teploty měřené kapaliny 20°C . Jaké absolutní chyby se zhruba dopustíme, budeme-li měřit objem při teplotě 80°C ($\alpha_{\text{Fe}} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$)?

- a) 3 ml
- b) 21,6 ml
- c) 300 ml
- d) 3 l

Vyberte pravdivé tvrzení o stykovém úhlu θ , který svírá povrch kapaliny s povrchem stěny:

- a) pro smáčející kapalinu $0 < \theta < \pi/2$
- b) pro reálnou nesmáčející kapalinu $\pi/2 < \theta < \pi$
- c) pro smáčející kapalinu $\pi/2 < \theta < \pi$
- d) pro dokonale nesmáčející kapalinu $\theta = \pi$

Vyjádřete jednotku povrchového napětí pomocí základních jednotek Mezinárodní soustavy (SI):

- a) $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
- b) $\text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$
- c) $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
- d) $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$

Označte pravdivé tvrzení:

- a) voda má největší hustotu při 284 K
- b) u většiny kapalin objem s rostoucí teplotou roste
- c) jednotkou součinitele teplotní roztažnosti kapalin je K^{-1}
- d) u většiny kapalin hustota s rostoucí teplotou klesá

Počet fází ve stavu, který odpovídá trojnému bodu fázového diagramu dané čisté látky je

- a) 0
- b) 1
- c) 2
- d) 3

Perioda vlastního kmitání netlumeného mechanického oscilátoru závisí

- a) pouze na vlastnostech oscilátoru, tj. hmotnosti a tuhosti
- b) pouze na hmotnosti oscilátoru
- c) pouze na velikosti vnějších sil
- d) pouze na gravitačním zrychlení

Který převodní vztah je správný?

- a) $30^\circ = \pi/4 \text{ rad}$
- b) $30^\circ = \pi/6 \text{ rad}$
- c) $45^\circ = \pi/6 \text{ rad}$
- d) $45^\circ = \pi/3 \text{ rad}$

Infrazvuk je zvuk

- a) s rychlostí šíření ve vzduchu menší než 331,5 m/s
- b) s frekvencí vyšší než 16 kHz
- c) s frekvencí nižší než 16 Hz
- d) který se šíří vakuem

Určete rychlost vlnění v ocelové tyči, jestliže při frekvenci 2 kHz vzniká vlnění o vlnové délce 2,5 m

- a) 5 km.s^{-1}
- b) $5,5 \text{ km.s}^{-1}$
- c) 6 km.s^{-1}
- d) $6,5 \text{ km.s}^{-1}$