

Akustická levitace

Kronowetter Bořivoj*, Pokorný Petr**

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1

*kronow.bo@gmail.com, **petrsoncom@seznam.cz

8. února 2020

Abstrakt

Cílem našeho experimentu je sestrojít akustický levitátor a seznámenit se s principy stojatého vlnění. Poté změříme rychlost ultrazvuku pomocí sestrojeného levitátoru.

1 Úvod

Ultrazvuk má spoustu praktických využití. Akustická levitace je zajímavý fyzikální úkaz, jehož není těžké dosáhnout. Proto se budeme zabývat, jak si vytvořit akustický levitátor doma a poté pomocí něho změříme rychlost zvuku.

2 Teorie

2.1 Ultrazvuk

Stejně jako slyšitelný zvuk je ultrazvuk podélné mechanické vlnění. Liší se frekvencí, jež je vyšší než u slyšitelného zvuku. Fyzikální vlastnosti ultrazvuku se také trochu liší. Je méně ovlivněn ohybem a lépe se odráží. Častý způsob, kterým zdroje ultrazvuku ultrazvuku dosahují, je takzvanou elektrostrikcí. Při ní dochází k rychlým deformacím destičky vhodného materiálu vlivem změn elektrického napětí.

Ultrazvuk se využívá například k čištění (kavitace), v medicíně (sonografie), k měření vzdálenosti, k defektoskopii. V přírodě se setkáváme u některých živočichů s echolokací, jež využívá vlastností ultrazvuku. Lze jej také využít k akustické (ultrasonické) levitaci. [2]

2.2 Stojaté vlnění

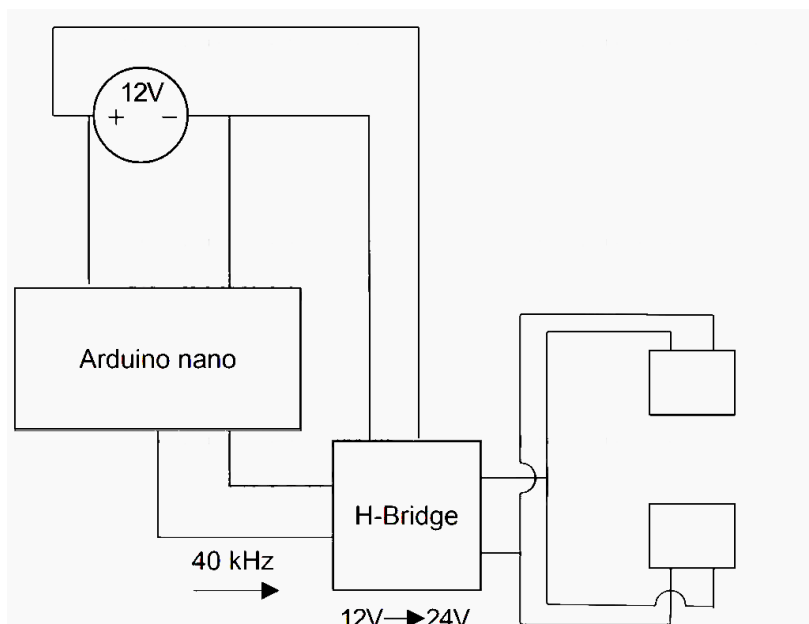
Akustická levitace využívá principů stojatého vlnění. To je vlnění, které má stálou amplitudu v každém bodě. Vznikají při něm takzvané uzly a kmitny; v uzlech je amplituda kmitů nejmenší, v kmitnách největší. Stojaté vlnění vzniká například na strunách hudebních nástrojů. Můžeme jej dosáhnout dvěma způsoby:

- Odrazem, kdy máme jeden zdroj vlnění a překážku, od které se vlnění odráží a skládá se s vlněním ze zdroje.
- Pomocí dvou zdrojů vlnění, které jsou ve správné vzdálenosti od sebe a se správnou frekvencí tak, aby se vlnění skládalo a vznikalo stojaté vlnění.

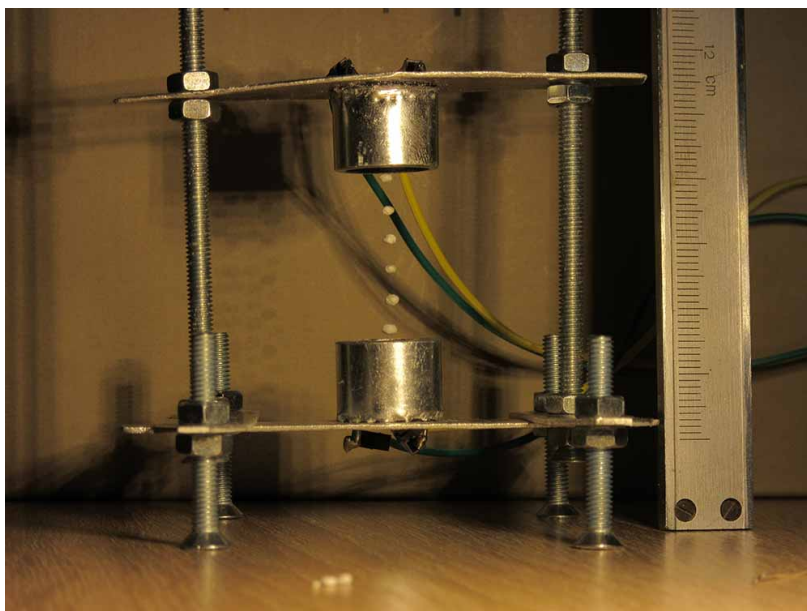
My jsme využili druhého způsobu, jelikož ultrazvuk se ve vzduchu velice rychle absorbuje. Použitím dvou zdrojů vlnění bude silnější. Při akustické levitaci se předměty vkládají do uzlů, kde zůstávají levitovat.

3 Náš experiment

Při konstrukci našeho akustického levitátoru jsme postupovali podle návodu od Ulrica Schmerolda na webu makezine.com [3]. Ke konstrukci je potřeba pouze základních znalostí elektrotechniky a programování. Všechny potřebné součástky jsou popsány a vyjmenovány v návodu. Jendoduché schéma můžete vidět na Obr. 1. Cílem našeho experimentu bylo především experimentovat s hotovým levitátorem. Námi sestrojený levitátor je na Obr. 3.



Obr. 1: Jednoduché schéma



Obr. 2: Akustický levitátor

Při hledání vhodné vzdálenosti jsme pracovali s osciloskopem, jak je popsáno v návodu. Přišli jsme ale rychle na to, že to není ideální postup. Zdroje ultrazvuku mohou být fázově posunuté od přijímaného napětí. Proto bylo lepší hledat správnou vzdálenost experimentálně.

Po nalezení optimální vzdálenosti budou mezi zdroji ultrazvuku levitovat malé lehké předměty o nízké hustotě. Nejlépe fungují polystyrenové kuličky, nebo vystřížený kousek papíru o velmi malé ploše.

3.1 Měření rychlosti ultrazvuku

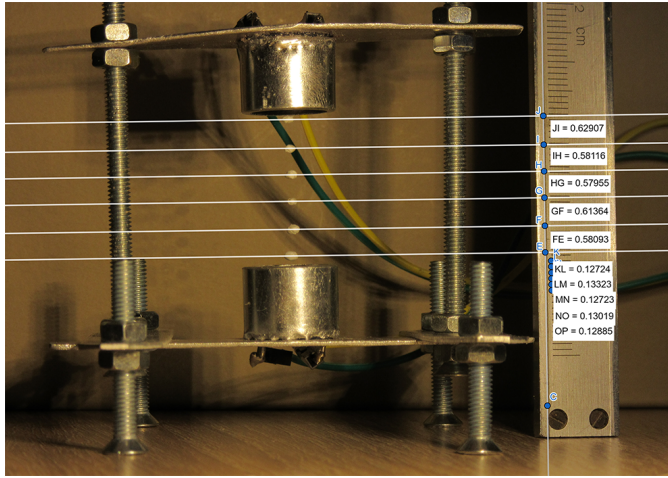
Dále jsme se rozhodli s naší konfigurací změřit rychlost zvuku v místnosti. Měření proběhlo 11. listopadu 2019 v uzavřené místnosti. Slouží jako ilustrace způsobu, kterým se dá z takového zařízení získat fyzikální data.

K levitátoru jsme přiložili milimetrové pravítko pro měřítko a pořídili jsme fotografie, jako je ta na Obr. 2. Je nutné fotografie pořizovat tak, aby levitátor i pravítko byli v jedné rovině (stejně vzdálenosti od fotoaparátu) a je výhodné fotit z dálky s optickým přiblížením. Perspektiva potom vytváří menší chybu.

Fotografie jsme následně vložili do programu GeoGebra, kde jsme změřili vzdálenost mezi jednotlivými uzly a také

velikost milimetru na fotce (viz Obr. 2.).

Z těchto dat jsme už mohli vypočítat chybu a průměr měření. Data jsou uvedena v Tab. 1. Frekvenci našich zdrojů ultrazvuku 40 kHz jsme znali a ještě ověřili na osciloskopu. Ze všech těchto dat jsme mohli vypočítat rychlost zvuku z jednoduchého vzorečku $v = f \cdot \lambda$. Naměřená rychlost zvuku vychází $368 \pm 6 \text{ ms}^{-1}$, což je velice blízko tabulkové hodnotě 343 ms^{-1} .



Obr. 3: Měření vzdálenosti uzlů

Hodnota č.	$\frac{\lambda}{2}$ [mm]	σ
1	4.863	1.4
2	4.493	0.7
3	4.481	0.8
4	4.744	0.7
5	4.491	0.7
Průměr	4.61 mm	
Chyba	0.08 mm	

Tab. 1: Směrodatné odchytky, průměr, chyba

4 Závěr

Ultrasonická levitace je zajímavý fyzikální jev, jehož není těžké dosáhnout doma. Ve světě zaujmula akustická levitace pozornost mnoha lidí a pracuje se na mnohem výkonějších levitátorech, než jaký jsme sestrojili [1]. Také se pracuje na nových typech akustických levitátorů.

Náš experiment byl úspěšný, levitátor byl velice stabilní. Změřit rychlost šíření zvuku se nám povedlo s reaktivně malou chybou.

Reference

- [1] Adrian Barnes Bruce W. Drinkwater, Asier Marzo. TinyLev: A multi-emitter single-axis acoustic levitator. <https://aip.scitation.org/doi/full/10.1063/1.4989995>, 17 August 2017.
- [2] InternetArchiveBot. Ultrazvuk. <https://cs.wikipedia.org/wiki/Ultrazvuk>, 16. 6. 2019 v 05:11.
- [3] Ulrich Schmerold. Micro Ultrasonic Levitator. <https://makezine.com/projects/micro-ultrasonic-levitator/>, September 6th, 2018, 6:00 am PST.