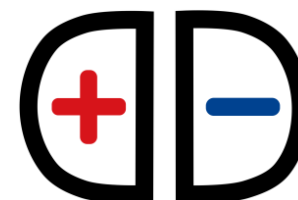


6. Vidění zvuku

Hynek Němec



Dept. of Dielectrics
Institute of Physics of the
Czech Academy of Sciences



6. Vidění zvuku

Tenká gumová membrána je napnuta na kruhovém rámečku a je rozvibrována reproduktorem. K membráně je připevněno malé zrcátko, od kterého se odráží laserový paprsek na vzdálené stínítko. Za určitých podmínek laserový bod vykresluje složité, stálé nebo vyvíjející se geometrické vzory. Prozkoumejte vztah mezi parametry buzení, vlastnostmi membrány a výslednými světelnými vzory.

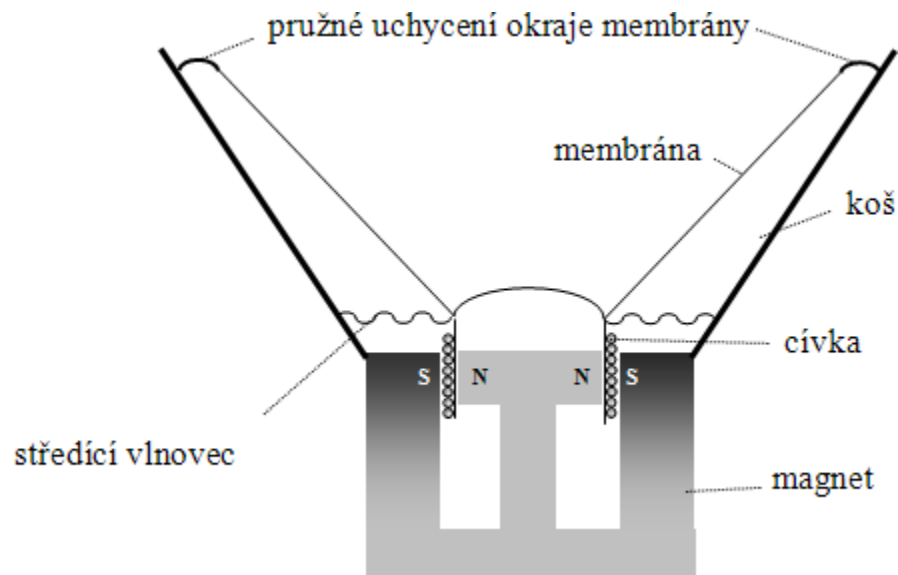


6. Vidění zvuku

Tenká gumová membrána je napnuta na kruhovém rámečku a je rozvibrována reproduktorem. K membráně je přípevněno malé zrcátko, od kterého se odráží laserový paprsek na vzdálené stínítko. Za určitých podmínek laserový bod vykresluje složité, stálé nebo vyvíjející se geometrické vzory. Prozkoumejte vztah mezi parametry buzení, vlastnostmi membrány a výslednými světelnými vzory.



Reproduktor



Obrázek převzat z K. Rauner a Z. Kubů, *Vážíme reproduktorem a ampérmetrem*. In: Souhrnný sborník Veletrhu nápadů učitelů fyziky 2008

Cimrmanův krok stranou 1

... jen membrána napnutá na kruhovém rámečku



Cimrmanův krok stranou 1

... jen membrána napnutá na kruhovém rámečku

Chladního obrazce: znázorňují stojaté vlnění („vlastní módy“, eigenmodes) vznikající při rezonančním buzení

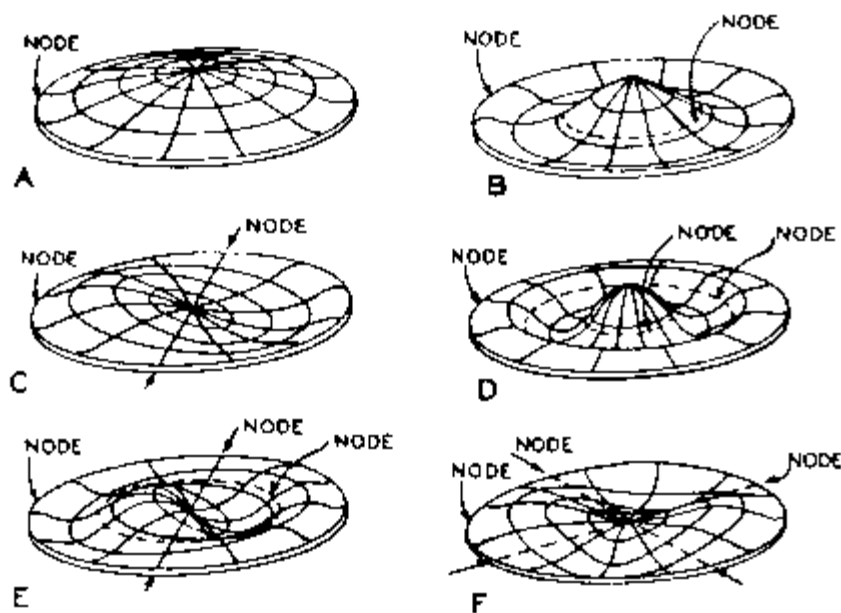


Figure 9-5. Modes of vibration of a clamped circular plate. Courtesy of *Harry F. Olsen, Musical Engineering*, McGraw-Hill Book Co., Inc., 1952.

Cimrmanův krok stranou 1

... jen membrána napnutá na kruhovém rámečku

Aby to nebylo úplně jednoduché: Nemáme jen membránu, ale i „rámeček“. Kdy ten „rámeček“ hraje/nehraje roli?



Úloha z 35. ročníku (2021/22)

14. Kulička na membráně

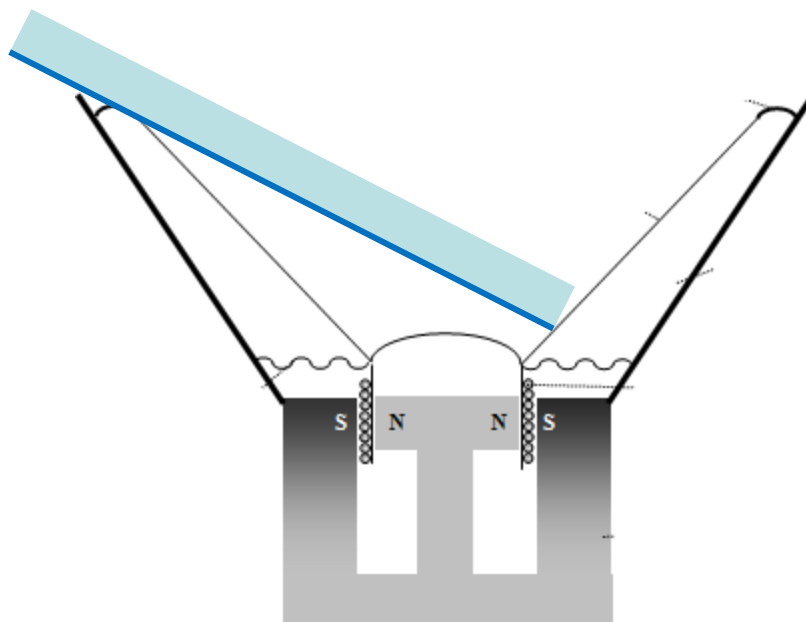
Když pustíme kovovou kuličku na gumovou membránu nataženou na plastový kelímek, může být slyšet zvuk. Vysvětlete původ tohoto zvuku a prozkoumejte, jak jeho charakteristiky závisejí na relevantních parametrech.

- „Slabá“ vazba mezi reproduktorem a membránou
 - Membránu nesměrově rozkmitáváme jako celek
 - Při rezonanci pozorujeme Chladniho obrazce
- „Lehké“ zrcátko
 - Tíha i setrvačná síla jsou zanedbatelné oproti silám pružnosti membrány
 - Kontrola: Připevněním zrcátka se Chladniho obrazce nezmění
- Rezonance
 - Vznik stojatého vlnění pro specifické frekvence
 - Pro pokročilé: lze spočítat. Wikipedia: Vibration of a circular membrane
 - Besselovy funkce prvního druhu $J_m(r)$
- Co mimo rezonanci?

Cimrmanův krok stranou 2

... experimentální ukázka: velké zrcadlo položené přímo na eliptickém reproduktoru

- zrcadlo o reproduktoru poskakuje

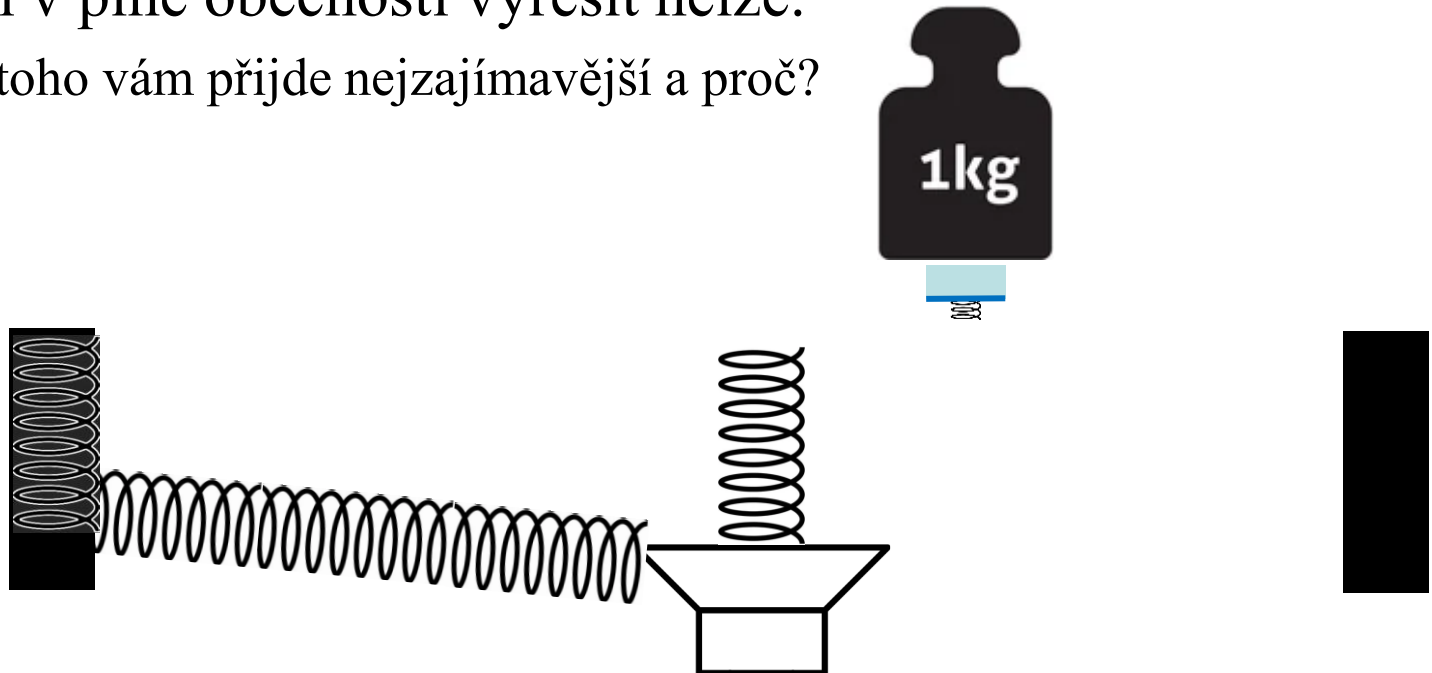


Úloha z 36. ročníku (2022/23)

11. Kulička na feritové tyčce

Umístěte na spodní konec feritové tyčky cívku navinutou z tenkého drátu a vložte tyčku do svislé trubky. Přiložte na cívku střídavé napětí o frekvenci stejného řádu, jako je vlastní frekvence tyčky. Položíte-li na horní konec tyčky v trubce kuličku, začne poskakovat. Vysvětlete a prozkoumejte tento jev.

- Co vše může hrát roli
 - Tlumení
 - Setrvačnost zrcátka
 - Nelinearita vazeb
 - Vazba mezi reproduktorem a membránou
 - Vazba mezi membránou a zrcátkem
 - Tuhost rámečku a jeho vazba s membránou a reproduktorem
- Problém v plné obecnosti vyřešit nelze.
 - Co z toho vám přijde nejzajímavější a proč?



Experimenty

- Co lze jednoduše měnit
 - Amplituda a frekvence kmitů reproduktoru
 - Časový průběh buzení (nemusí být jen sinus)
- Co lze měnit hůře
 - Pozice zrcátka (nebo více zrcátek a naklánění laseru)
 - Napětí membrány
- Co se bude těžce charakterizovat (bude-li hrát roli)
 - Vazby
 - Nelinearity

Experimenty

- Na co si dát pozor
 - Práce s laserem → zabezpečení dráhy svazku
 - Upevnění všech prvků (laser, reproduktor)
 - Mířit svazek mimo dveře, okna, zrcadla a volný prostor
 - Poškození reproduktoru/zesilovače
 - Mechanické reproduktoru (membrána je poměrně citlivá)
 - Elektrické reproduktoru – překročení maximálního povoleného příkonu
 - Elektrické zesilovače – nesmí se připojit impedance nižší než specifikovaná
 - Kruhová symetrie napětí membrány
 - Kontrola pomocí Chladniho obrazců?
- Kde koupit reproduktor
 - GM Electronics, cca 200 Kč



- Inspirace
 - Současné měření obou směrů náklonu pomocí dvou laserů?
 - Problém: časová synchronizace stop
 - Použití přerušovače svazku (chopperu) k určení časového průběhu?

- Začátečníci
 - Vyhledejte v literatuře tabelované rezonanční frekvence kruhové membrány a odpovídající profily stojatého vlnění
 - Co se děje mimo rezonanční frekvence?
 - Zkuste třeba odhadnout, od jaké hmotnosti zrcátka je nutné uvažovat jeho setrvačnost
- Pokročilí
 - Rezonanční frekvence kruhové membrány a odpovídající profily stojatého vlnění spočtete.
 - Pak můžete postupně zkusit započítávat a simulovat další jevy (vazby, nonlinearity) ☺

Srovnání teorie/simulací s experimentem

- Tvary obrazců
- V případě nelineárního chování vývoj relativní velikosti

Očekávání aneb co lze v úloze řešit

- Experimenty a pochopení fyziky v režimu „slabá vazba“ + „lehké zrcátko“ + „malé výchylky“

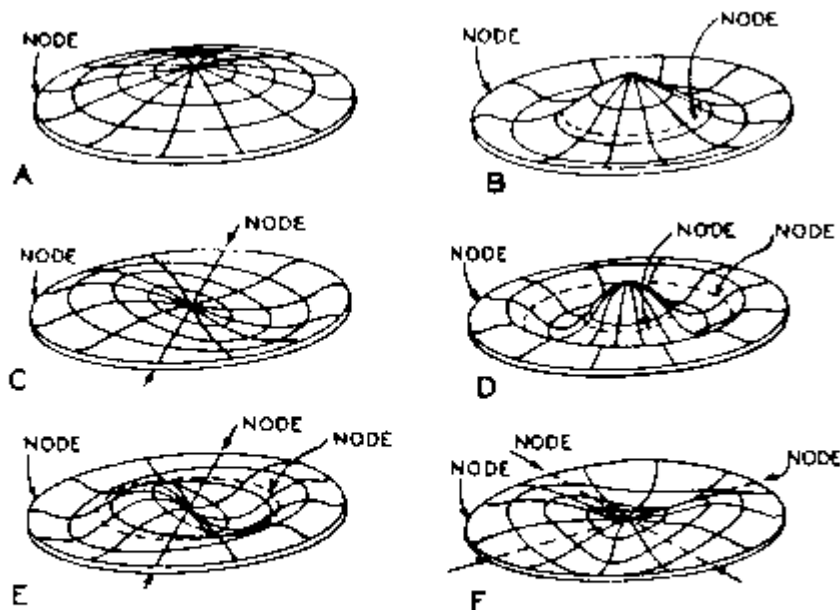


Figure 9-5. Modes of vibration of a clamped circular plate. Courtesy of *Harry F. Olsen, Musical Engineering*, McGraw-Hill Book Co., Inc., 1952.

- Vyšší kola: vydat se za tento „jednoduchý“ režim
 - Jaké nejzajímavější obrazce pozorujete?
 - Co z nich vyvozujete o pohybu membrány?