

4. Švitoriace gule (Peter Maták)



Turnaj Mladých Fyzikov 2013/2014

Zadanie:

Ak jemne zrazíme dve tvrdé ocel'ové gule alebo podobné objekty, môžeme niekedy počuť nezvyčajný „švitorivý“ zvuk. Preskúmajte a vysvetlite podstatu tohto zvuku.

Ako to znie?



Vysvetlenie 1: rozkmitanie guľí

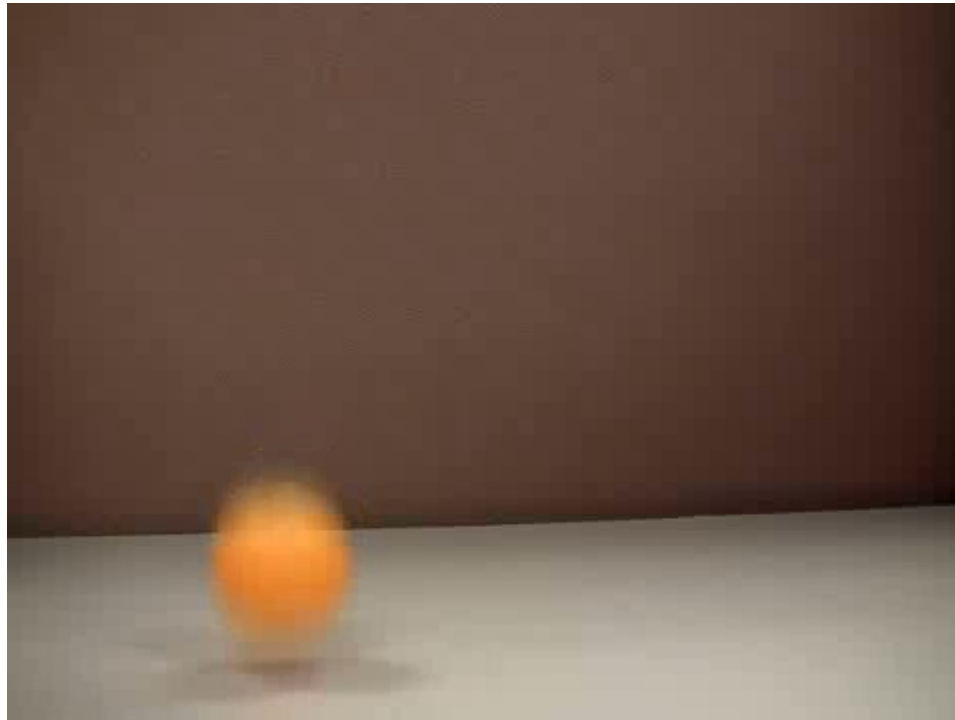
Priečne kmity struny dĺžky l : $f_n = \frac{nc}{2l}$



(<http://www.acs.psu.edu/drussell/Demos/string/Fixed.html>)

- Riešenie vlnovej rovnice v guli s konkrétnou okrajovou podmienkou
- Odhad najnižšej frekvencie: $f \sim c/R$
- Oceľ má $c \approx 5000 \text{ m/s} \Rightarrow f \sim 100 \text{ kHz}$
- Presné riešenie vedie na $f = \frac{c}{2R} \approx 50 \text{ kHz}$
- Mimo dosahu uší (do 20 kHz)!

Vysvetlenie 2.



- Ak medzi guľami pôsobí prít'ážlivá sila, napríklad magnetická (vid' úvodné video), tiaž jednej z guľí (ak sú nad sebou), alebo sila mojich rúk, ktorá tlačí obe gule k sebe.
- Pri každom doraze sa časť energie stráca, takže rastie frekvencia a klesá intenzita zvuku.
- Narozdiel od vlnenia, tento jav nezávisí od uchopenia guľí (v predchádzajúcom to menilo okrajové podmienky).

1. alebo 2.?

- Je zvuk prítomný aj keď medzi guľami nepôsobí prítlačlivá sila - ruky, magnetická, tiažová (ak sú gule nad sebou)?
- Zvyšuje sa frekvencia zvuku s časom?
- Ako závisí „tón“ guľí od rozmerov alebo hmotností?

Námety na meranie

- Vypočítajte frekvenciu zvuku zodpovedajúcu vysvetleniu 2. Zachytila by takýto pohyb vysokorýchlostná kamera?
- Nechajme dopadať jednu z guľí na druhú (ping-pongový efekt). Je výsledkom ten istý zvuk ako v zadaní?
- Čím viac rôzne veľkých guľičiek.

- Analyzujte zvuk v počítači, napríklad pomocou programu

<http://www.techmind.org/audio/specanaly.html>

- Vďačný zdroj ocelových guľčiek rôznych veľkostí a „tvarov“: ložiská



Literatúra

- Feynmanove prednášky I. - zvuk, vlnenie, Fourierova transformácia, ...
- Meranie zvuku: <http://physedu.science.upjs.sk/degro/pokus/expzvuk/zvukomer1.pdf>
- <http://www.cs.cornell.edu/projects/Sound/mc/ModalContactSound2011.pdf>