

4.1.5 Jedna a jedna může být nula

Předpoklady: 040104

Pomůcky: reproduktory, Online tone generator, papírky s vlněním

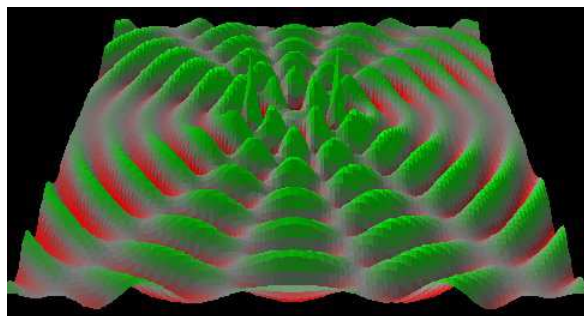
Př. 1: Ze dvou reproduktorů je puštěn jednoduchý sinusový zvukový signál a stejné frekvenci. Otoč se k reproduktorům jedním uchem, druhé si zacpi. Chod' po třídě a sleduj zvuk, který slyšíš. Děje se něco zajímavého?

Zvuk z reproduktorů není slyšet ve všech místech stejně - existují místa s větší i menší hlasitostí.

Pedagogická poznámka: Začínáme na frekvenci okolo 1 kHz, pak zkusíme dvojnásobek i polovinu. Rozložení maxim a minim ve třídě rozhodně není rovnoměrné, naopak je značně ovlivněné i pohybem dětí (v prázdné třídě jsou výsledky podstatně lepší), ale přesto je efekt jednoznačně slyšitelný. Prezentace místa, kde je po zapnutí obou reproduktorů menší hlasitost než při jednom reproduktoru je složitější, je dobré si ji vyzkoušet a provozovat ji co nejdále od sedících žáků a hlavně je potřeba hlukoměr.

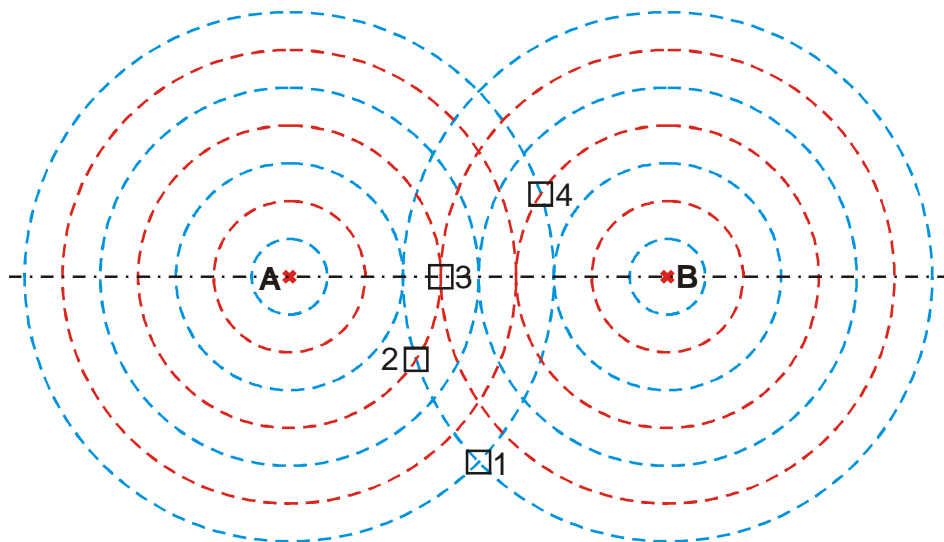
Velmi zajímavý výsledek. Do všech míst ve třídě jde zvuk stejným způsobem, proč je v různých místech různě hlasitý?

Prozkoumáme, co se děje pomocí pomalejšího modelu. V počítačovém programu si můžeme namodelovat vlnění, které vychází ze dvou různých zdrojů v běžné vzdálenosti od sebe. Z každého se šíří do všech směrů vlnění, obě vlnění se skládají dohromady.



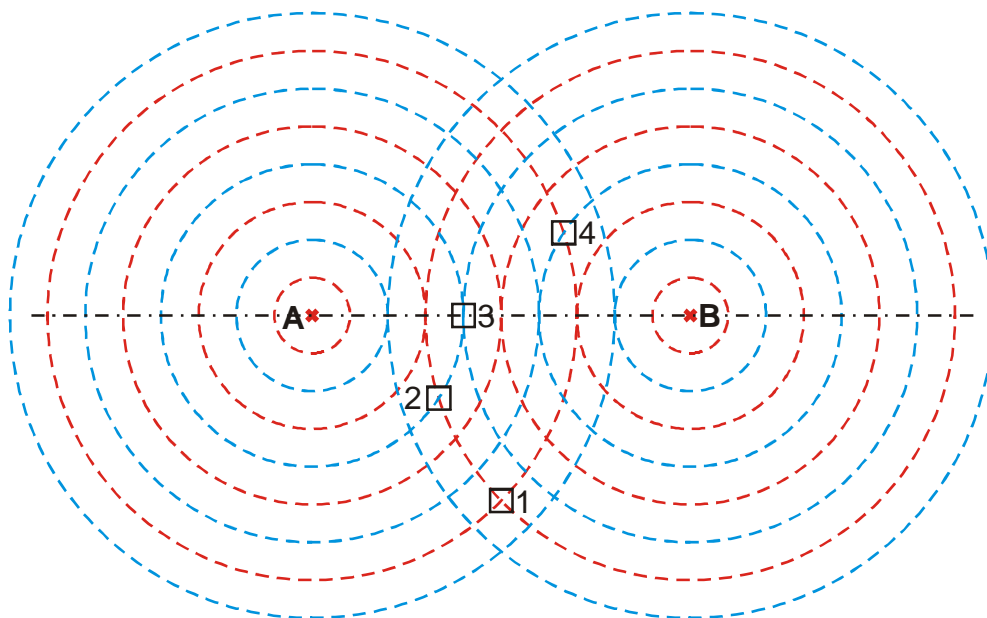
Z obrázku je zřejmé, že složením dvou vlnění vznikají kromě jasnějších míst (míst se zvětšenou výchylkou) i místa, kde se naopak výchylka zmenšuje velmi blízko nule (šedá místa).

Na obrázku je zachycen určitý okamžik při šíření vlnění ze dvou zdrojů. Modře jsou vyznačena místa, kde je v tomto okamžiku nejhlubší prohlubeň, červeně místa, kde je naopak vlna nejvyšší.



Př. 2: Rozhodni, jak vysoká bude hladina v místech označených čtverečky.

- Bod 1: Od obou zdrojů přichází prohlubeň \Rightarrow v místě bude prohlubeň o dvojnásobné hloubce.
- Bod 2: Od zdroje A přichází vrchol kopce, od zdroje B prohlubeň \Rightarrow obě výchylky jsou opačným směrem \Rightarrow navzájem se vyruší \Rightarrow v místě bude rovná základní hladina.
- Bod 3: Od obou zdrojů přichází vrchol kopců \Rightarrow v místě bude vrchol o dvojnásobné výšce.
- Bod 4: Od zdroje A přichází prohlubeň, od zdroje B vrchol kopce \Rightarrow obě výchylky jsou opačným směrem \Rightarrow navzájem se vyruší \Rightarrow v místě bude rovná základní hladina.



Př. 3: Porovnej druhý obrázek s prvním. Co s změnilo? Proč?

Všechny kruhy na obrázku změnilly barvu, objevil se nový kruh (celý obrázek je o jeden kruh větší) \Rightarrow obrázek zachycuje situaci o půl periody později.

Př. 4: Jaká bude výška vln ve vyznačených bodech (jde o stejné body jako na prvním obrázku). Porovnej s výsledky u prvního obrázku.

- Bod 1: Od obou zdrojů přichází vrchol \Rightarrow v místě bude vrchol o dvojnásobné výšce.
- Bod 2: Od zdroje *A* přichází prohlubeň, od zdroje *B* vrchol \Rightarrow obě výchylky jsou opačným směrem \Rightarrow navzájem se vyruší \Rightarrow v místě bude rovná základní hladina.
- Bod 3: Od obou zdrojů přichází prohlubeň \Rightarrow v místě bude prohlubeň o dvojnásobné hloubce.
- Bod 4: Od zdroje *A* přichází vrchol, od zdroje *B* prohlubeň \Rightarrow obě výchylky jsou opačným směrem \Rightarrow navzájem se vyruší \Rightarrow v místě bude rovná základní hladina.

\Rightarrow obrázek se příliš nezměnil, v místech s dvojnásobnou výchylkou je opět dvojnásobná výchylka, v místech s nulovou výchylkou je opět nulová výchylka.

Př. 5: Vysvětli výsledky pokusu z počátku hodiny.

Zvukové vlny se šíří z obou reproduktorů do třídy.

- V některých místech s v každém okamžiku setkávají výchylky stejného znaménka \Rightarrow výchylky s navzájem zesilují a zvuk v nich slyšíme silnější.
- V některých místech s v každém okamžiku setkávají výchylky opačného znaménka \Rightarrow výchylky s navzájem zeslabují a zvuk v nich slyšíme slabší.

Uvedený jev se nazývá **interference**. Pokud u fyzikálního jevu nastává interference, předpokládáme, že jde o vlnění.

Př. 6: Jak poznáme na papírku body, ve kterých platí „ $1+1=0$ “. Jak poznáme místa, ve kterých platí „ $1+1=2$ “?

$1+1=0$ (odečítání výchylek a zeslabování výsledného vlnění) nastává v místech, kde se potkávají kruhy různých barev.

$1+1=2$ (sčítání výchylek a zesilování výsledného vlnění) nastává v místech, kde se potkávají kruhy stejných barev.

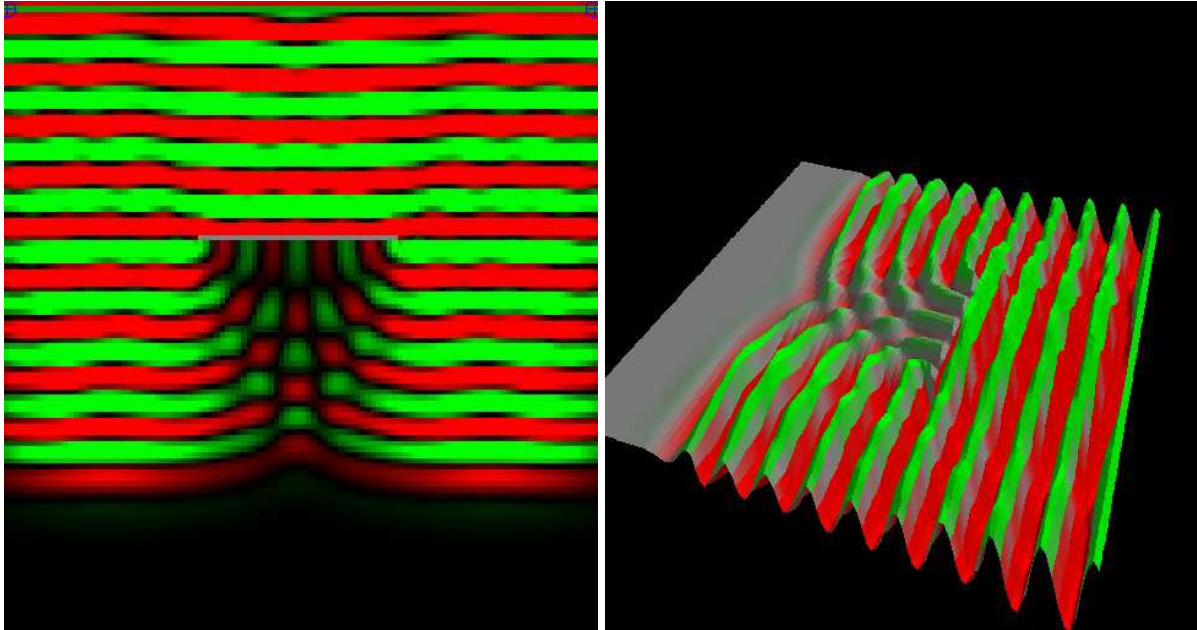
Př. 7: Jaké jsou podmínky pro vznik interference?

Obě vlnění musí mít stejnou periodu a musí kmitat neustále ve stejném rozestupu, aby se v bodech prostoru potkávaly stále stejným způsobem.

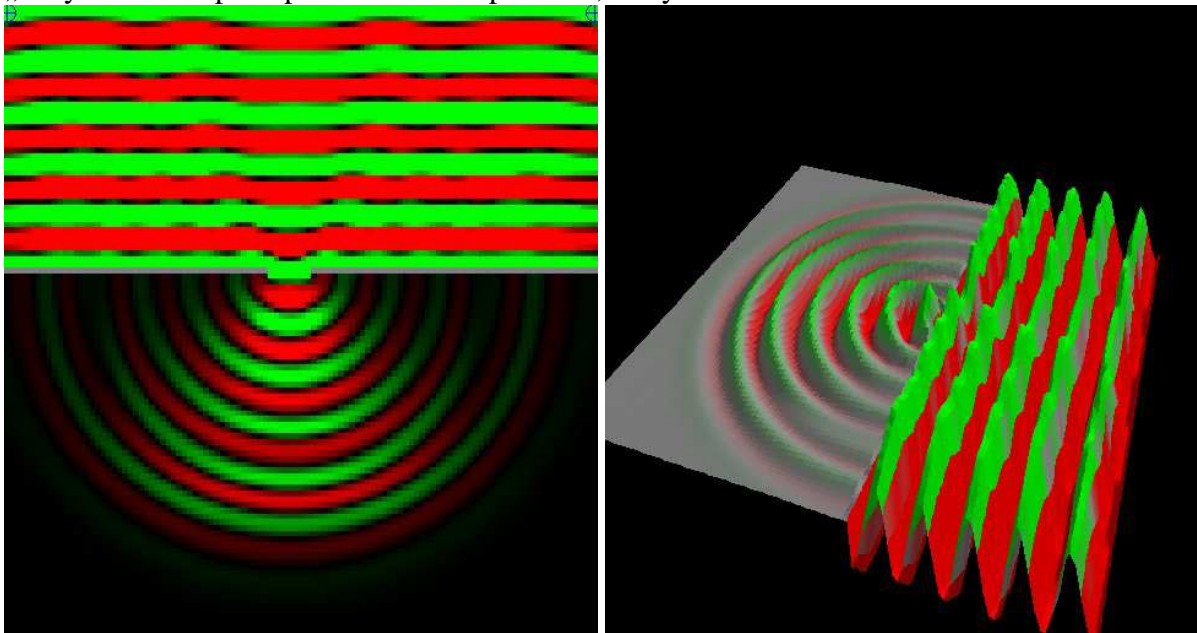
Př. 8: Interference se používá u drahých sluchátek vybavených „aktivním odhlučněním“. Navrhni funkci tohoto systému.

Sluchátka obsahují mikrofon, který zachycuje hluk z okolí. U zachyceného hluku s obrátí směr výchylky a obrácený zvuk se vyšle do sluchátek, kde se interferencí složí s původním hlukem, čímž oba hluky zaniknou.

Kromě interference dokáže vlnění i další zajímavé věci. Pokud během šíření narazí vlnění na překážku \Rightarrow „zahýbá“ a šíří se postupně i do prostoru za překážkou.



Během šíření narazí vlnění na velkou překážku s malým otvorem (štěrbinou) \Rightarrow vlnění „zahýbá“ šíří se postupně do stran do prostoru, který není za štěrbinou.



Př. 9: Dokumentuj oba druhy ohybových jevů na šíření zvuku.

Ohyb na překážce: slyšíme i člověka, který mluví za překážkou (například za tabulí).

Ohyb na štěrbině: pokud jsou otevřeny dveře, slyšíme, co se děje na chodbě.

Pedagogická poznámka: Obojí je samozřejmě třeba demonstrovat.

Př. 10: Předchozí poznatky jsou v rozporu s běžnými zkušenostmi s jiným typem vlnění. O jaké vlnění a jaké zkušenosti jde?

Světlo je také vlnění, ale:

- za překážkou je stín (světlo se neohybá),
- paprsek světla procházející dveřmi se nerozšiřuje.

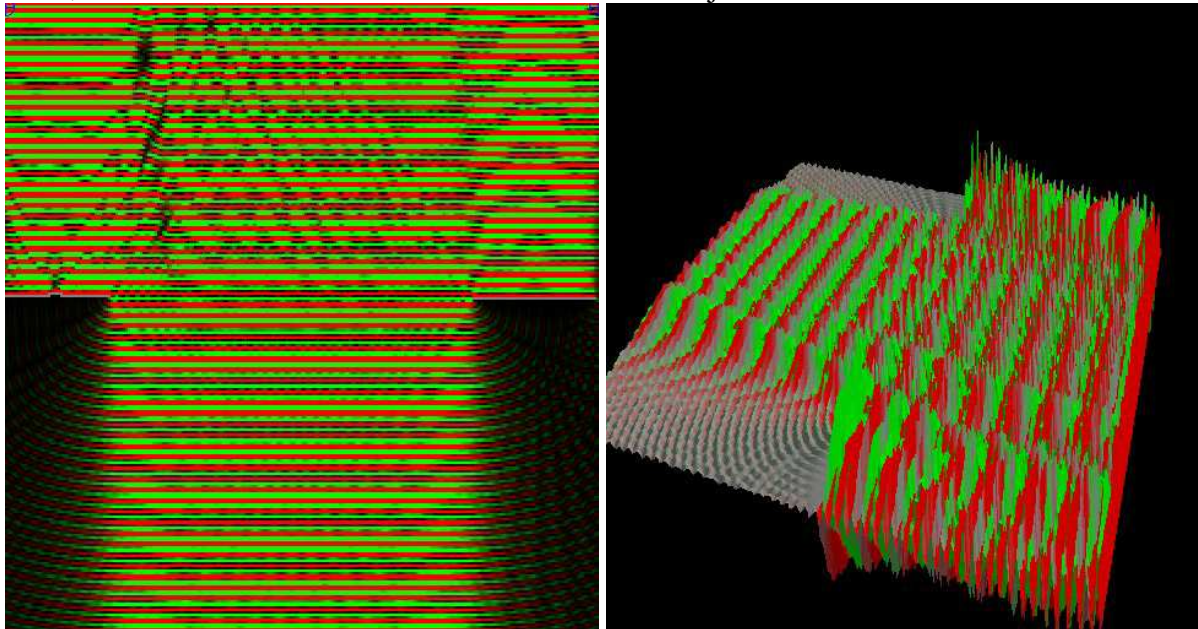
⇒ světlo se chová zcela jinak než zvuk.

Základní rozdíly mezi světlem a zvukem: rychlost a vlnová délka.

Vlnová délka:

- vlnová délka zvuku – řádově metry, decimetry (srovnatelná s velikostí překážek),
- vlnová délka světla – řádově stovky nanometrů, tedy 0,0000001 m (o několik řádů menší než běžné překážky).

Simulační program nedokáže modelovat tak malé vlnové délky, které by vzhledem k velikosti štěrbin odpovídaly světlu, přesto je při zkrácení vlnové délky vzhledem k velikosti štěrbin vidět, že míra rozbíhavosti vlnění za štěrbinou se snižuje.



Příčinou je interference. Trochu si to zkusíme vysvětlit na šíření přes otvor. Když vlnění dorazí k otvoru, rozkmitá body v něm. Každý takový bod pak funguje jako nový zdroj vlnění.

- Pokud je vlnová délka velká v porovnání s velikostí otvoru: Kmitající body v otvoru kmitají ve stejném okamžiku s podobnou výchylkou, a do jednotlivých bodů v prostoru docházejí od všech vlny s podobnou výchylkou, které se navzájem sčítají a vytvářejí tak vlnění.
- Pokud je vlnová délka malá v porovnání s velikostí otvoru: Kmitající body v otvoru kmitají ve stejném okamžiku s různými výchylkami, a do jednotlivých bodů v prostoru docházejí od všech vlny s různými výchylkami, které se navzájem z větší části odečtou a vlnění tak v takových místech zaniká.

Shrnutí: Pokud se v určitém místě prostoru setkávají dvě různá vlnění s opačnou výchylkou, vlnění tam zaniká. Pokud jsou výchylky naopak shodné, vlnění se zesiluje. Dochází k interferenci.

