

4.1.6 Když vlny stojí

Předpoklady: 040105

Pomůcky: Akuvrtačka, bundová guma, rozkmitávací drát, aparatura na Chladního obrazce,

Zatím jsme řešili vlnění, které se volně pohybovalo prostorem. Každá vlna jednou končí a tak i vlnění jednou dorazí na konec, kde buď zanikne nebo se odrazí zpátky.

Př. 1: Vzpomeň si na medvídkový vlnostroj. Jak se chovala vlna, když dorazila na okraj vlnostroje?

Vlna se odrazila zpátky obráceně: pokud původní vlna měla nejdříve kopeček, odražená vlna měla nejdříve d'olík.

Odraz na konci medvídkového vlnostroje se označuje jako odraz na pevném konci – konec vlnostroje byl upevněn ke skříni a nemohl se volně vychylovat.

Můžeme si představit i jinou situaci, kdy konec vlnostroje není k ničemu připevněný a může se volně pohybovat – odraz na volném konci. V takovém případě se vlna odráží bez obrácení (pokud původní vlna má nejdříve kopeček, má kopeček nejdříve i odražená vlna).

Př. 2: Navrhni pokus s medvídkovým vlnostrojem, při kterém bychom mohli sledovat odraz na volném konci.

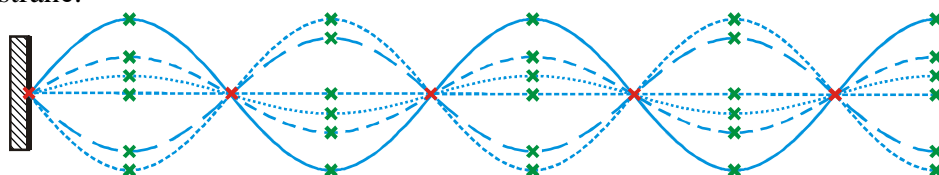
Vlnostroj bychom museli zavěsit, aby jeden jeho konec nemusel být k ničemu připevněný, pak bychom poslali vlnu směrem dolů a ona by se odrazila na volném konci.

Častým jevem je vlnění, které se šíří na omezeném prostoru (například struně). Vlny neustále docházejí, ke koncům, kde se odráží a vracejí se zpět, aby se skládaly s vlnami, které se odrazily od druhého konce.

Pedagogická poznámka: K následujícímu pokusu potřebujete kromě gumy, kus ohnutého drátu a akuvrtačku (případně normální vrtačku). Při rozkmitávání gumy vrtačkou ji postupně napínám, čímž měním rychlost šíření a vlnovou délku. Obrazce na gumě se tak ustalují a zase rozpadají. Kmitna u vrtačky není úplně čistá, ale většina žáků to nevidí jako problém. Uzel v místě uchycení je naopak jednoznačný. Opět jde o pokus se skvělým poměrem cena-výkon.

Př. 3: Sleduj pokus s buzením vln na široké gumě pomocí akuvrtačky. Co mají společného vzory, které se mohou na gumě ustálit?

Všechny vzory připomínají buřtíky. V místě, kde je guma připevněna k oknu, končí krajní buřtík, v místě, kde gumu rozkmitáváme drátem, je nejsilnější místo krajního buřtíku na druhé straně.



Jev, který na struně vznikl označujeme jako stojaté vlnění. Místa, která kmitají s největší výchylkou se označují jako **kmitny**. Místa, která stojí se nazývají **uzly**.

Vznik stojatého vlnění je dobře vidět na apletu na adrese.

http://www.walter-fendt.de/ph14cz/stwaverefl_cz.htm

Př. 4: Nakresli obrázky stojatého vlnění, které by se mohlo ustálit na kytarové struně.

Struna je na obou koncích pevně připevněná (nemůže se tedy kmitat) \Rightarrow na koncích struny musí být uzly.

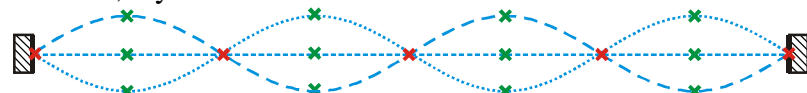
Nejjednodušší možnost, na koncích uzly, mezi nimi jeden „buřtík“.



Podobným způsobem se mohou vytvořit i dva buřtíky.



Nebo tři, čtyři a tak dále...



Ve skutečnosti struna nevlní ani jedním z uvedených způsobů, ale mnoha způsoby najednou (s různými výchylkami).

Frekvence odpovídající nejjednoduššímu vlnění bývá označována jako základní tón. Kromě něj však struna kmitá i na dalších možných frekvencích, které se označují jako vyšší harmonické. Právě množství a intenzita různých vyšších harmonických frekvencí rozhodují o barvě tónu, čini zvuk příjemných pro poslech (prostá sinusoida je poměrně nepříjemný brum)

Př. 5: Zvuk vzniká kmitáním předmětů. Jeho šíření od zdroje je možné vysvětlit pomocí dvou hypotéz: zvukonové (zvuk se šíří ve formě malých okem nepostřehnutelných kuliček - zvukonů) a vlnové (zvuk se šíří jako vlnění postupující látkou). Vzpomeň si na pokusy, kterými jsme demonstrovali šíření zvuku. Rozmysli si, zda podporují zvukonovou nebo vlnovou hypotézu o šíření zvuku.

Mobil pod vývěvou

Zvuk mobilu umístěného pod zvonem vývěvy byl po vyčerpání zvuku slyšet daleko méně než před vyčerpáním vzduchu:

- zvuk je slyšet špatně, protože zvukové vlnění nemá materiál, po kterém by se mohlo šířit,
- zvukony by se měly nejlépe šířit ve vzduchoprázdnu a zvuk by tedy měl být po vyčerpání vzduchu slyšet lépe.

\Rightarrow pokus podporuje vlnovou hypotézu.

Tančící svíčka

Plamínek svíčky umístěné vedle reproduktoru tancoval podle úderů velkého bubnu: je možné vysvětlit pomocí obou teorií:

- vlnění vzduchu způsobu zředování a zhušťování vzduchu a podle tohoto se hýbe i plamínek.
- proud zvukonů naráží do plamínku, podle počtu zvukonů, které zrovna do plamínku narážejí, se plamínek naklání.

⇒ pokus se dá vysvětlit pomocí obou hypotéz.

Šíření zvuku deskou lavice

Když jsme přiložili ucho k lavici, bylo ťukání ve stejné vzdálenosti slyšet více, než když jsme poslouchali normálně:

- podle vlnové hypotézy by mělo být slyšet ťukání lépe přes lavici, protože částice v lavici jsou více svázané dohromady a tím si lépe slyšet,
- zvukony by se v husté lavici měly šířit pomaleji a hůře než v řídkém vzduchu,

⇒ pokus podporuje vlnovou hypotézu.

Př. 6: Jak by se měla rychlost zvuku měnit v různých látkách podle zvukonové hypotézy? Jak by se měla měnit podle vlnové hypotézy?

Pohyb částic by měl být snazší v řídkém prostředí ⇒ v řídkém prostředí by s měl zvuk šířit rychleji a s menšími ztrátami než v prostředí hustém.

Přenos energie mezi oscilátory by měl být snazší v prostředí, kde jsou částice silně vázané jedna na druhou, tedy v hustších a pevných látkách.

Tabulka rychlostí zvuku v různých látkách

látka	pryž	vzduch	Voda	led	dřevo	Ocel
rychlost zvuku [m/s]	50	330	1500	3200	3400	5000

Př. 7: Kterou teorii o šíření zvuku podporuje tabulka rychlostí zvuku v různých materiálech?

Tabulka podporuje vlnovou hypotézu – v pevných a hustých látkách se zvuk šíří rychleji.

Př. 8: Zvuk se šíří zhušťováním a zředováním vzduchu, tedy změnami jeho tlaku. Proč tyto změny tlaku neukáže barometr?

Zřejmě jsou změny tlaku příliš rychlé nebo příliš malé.

Obě možnosti jsou správné, i nejhlasitější zvuky představují změny atmosférického tlaku o cca 10 Pa, což je vzhledem k normální hodnotě tlaku 100 000 Pa zanedbatelně malá změna.

Hranice vnímání zvuku u různých živočichů

člověk	krysa	Pes	netopýr	Delfín
20-20 000 Hz	800 - 60 000 Hz	30 - 50 000 Hz	až 150 000 Hz	až 200 000 Hz

Infrazvuk: zvuk s frekvencí pod hranicí slyšitelnosti.

Ultrazvuk: zvuk s frekvencí nad hranicí slyšitelnosti.

Př. 9: Může mít pro člověka skutečnost, že nevnímá všechny frekvence zvuku, nějakou výhodu

Výhodou může být to, že sluch není zbytečně zatěžován dalšími podněty (okolí se zdá tišší).

Př. 10: Proč se ke zkoumání pomocí zvuku používají ultrazvukové vlny a ne vlny normálního zvuku?

Ultrazvuk \Rightarrow krátká vlnová délka \Rightarrow malé zahýbání na překážkách \Rightarrow přesnější obraz toho, co se děje.

Ultrazvuk nepoužívají pouze zvířata, ale i člověk:

- ultrazvukové vlny slouží k prohlížení lidského těla (například v těhotenství se ultrazvukem kontroluje růst dítěte),
- ultrazvuková čidla se používají k detekci předmětů a měření vzdáleností,
- ultrazvukový lokátor (SONAR) se používá k průzkumu mořského dna.

Všechna zařízení fungují na stejném principu: vyšleme ultrazvukový signál a podle odražené vlny poznáme to, co potřebujeme.

Shrnutí: