

## Vlnění

1. Ukažte, že rovnice vlny  $u = U_o \sin(kx - \omega t)$  je ekvivalentní kterémukoliv z následujících tvarů:

a)  $u = U_o \sin k(x - vt)$

b)  $u = U_o \sin 2\pi\left(\frac{x}{\lambda} - f \cdot t\right)$

c)  $u = U_o \sin \omega\left(\frac{x}{v} - t\right)$

d)  $u = U_o \sin 2\pi\left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T}\right)$

Symbole ve vztazích mají standardní význam.

2) Napište rovnici mechanické vlny šířící se podél záporné části osy z, která má amplitudu 50nm, frekvenci 10Hz a šíří se rychlostí 500m/s. Může být uvedená vlna vlnou zvukovou?

3) Dokažte, že funkce typu  $u = u\left(t - \frac{x}{v}\right)$  vyhovuje vlnové rovnici, tj. diferenciální rovnici

tvaru  $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$

4) S využitím Rayleighova vztahu Určete grupovou rychlost elektromagnetických vln v horních vrstvách zemské atmosféry, kde je disperze dána vztahem  $v = \frac{a}{1 - b\lambda^2}$ , kde  $a$  a  $b$  jsou konstanty.

5) Dokažte, že interferencí dvou vln postupujících podél osy x v opačném směru vznikne stojatá vlna daná vztahem  $u = A \sin kx \cdot \sin \omega t$ .

6) S pomocí reproduktoru vytvoříte v místnosti stojatou zvukovou vlnu frekvence 440 Hz. Jaká je vzdálenost nejbližší kmitny a uzlu?

7) Dvě stejné struny napjaté identickým napětím kmitají na základní frekvenci. O kolik se musí změnit napětí jedné struny, aby vznikly 4 rázy za sekundu? Při změně napětí se délka struny nezmění.

8) Píšťala vydává při teplotě 18°C tón 435Hz. Jaký tón bude vydávat při ochlazení na 0°C?

9) Netopýr letí ke stěně rychlostí 6m/s a vysílá ultrazvukové vlnění frekvence 45 000 Hz. Jakou frekvenci zvuku odraženého od zdi vnímá a jaká je frekvence rázů?

10) Ze zákona zachování energie odvoďte vztah pro závislost intenzity a amplitudy vlnění šířícího se v neabsorbujícím prostředí na vzdálenosti od a) bodového zdroje, b) nekonečně dlouhého lineárního zdroje, c) nekonečně velkého plošného zdroje.

11) střední vyzařovací výkon mobilního telefonu je 0,25W. Jaká je intenzita ve vzdálenosti a) 10 cm od antény, b) 1km od antény? V obou případech pro jednoduchost předpokládejte, že anténa je bodový zdroj, který vyzařuje izotropně.

## Geometrická optika

- 1) Paprsek světla se postupně odráží na třech navzájem kolmých zrcadlech. Jaký je směr odraženého paprsku?
- 2) Jak vysoké musí být zrcadlo a v jaké vertikální poloze, aby se v něm vzpřímený člověk viděl právě celý?
- 3) Pod jakým úhlem musí paprsek dopadnout na rozhraní vakuum – sklo, aby odražený a lomený paprsek svíraly úhel  $90^\circ$ ?
- 4) Vypočítejte příčné posunutí paprsku prošlého skrz planparalelní destičku tloušťky  $d$ . Paprsek dopadá pod úhlem dopadu  $\alpha$ .
- 5) Na dně nádoby naplněné vodou do výšky  $h = 10$  cm je bodový zdroj světla. Na hladině plane neprůhledná destička kruhového tvaru tak, že její střed je přesně nad zdrojem světla. Jak velký musí mít destička poloměr, aby nad hladinu nepronikl žádný paprsek?
- 6) Pozorovatel stojí na okraji vodního bazénu s hloubkou vody  $h = 2,81$  m a sleduje předmět ležící na jeho dně. V jaké hloubce  $h'$  se vytvoří obraz pozorovaného předmětu, je-li směr, ve kterém pozorovatel vidí obraz odchýlen od kolmice k vodní hladině o úhel  $60^\circ$ ?
- 7) Hranol ze skla má index lomu 1,5 a vrcholový úhel  $60^\circ$ . Určete a) deviaci paprsku dopadajícího pod úhlem  $40^\circ$ , b) minimální deviaci a odpovídající úhel dopadu.
- 8) Paprsek dopadá na horní stěnu krychle pod úhlem  $60^\circ$  a přitom se na boční stěně právě odráží pod mezním úhlem. Jaký je index lomu hranolu?
- 9) Optické vlákno má válcové jádro z flintového skla (index lomu  $n_1 = 1,66$ ) a je obaleno tenkou vrstvou se skla korunového (index lomu  $n_2 = 1,52$ ). Pod jakým maximálním úhlem musí dopadnout světlo na čelní kolmo vybroušenou plochu vlákna, aby se uvnitř vlákna šířilo totálním odrazem?