

## Kísérleti fizika 1. Kiegészítések az előadáshoz – 2020. november 24.

A mai órán a *hullámok* leírásával foglalkozunk. A mechanikai hullámterjedés egy kiterjedt közeg kollektív mozgása, amelyben általában energia is terjed a térben. Az itt megismert leírásmódok, összefüggések, törvények alkalmazhatók más hullámjelenségek (pl. elektromágneses hullámok, vagy a kvantummechanikában a valószínűségi hullámfüggvény) vizsgálatánál is.

Mindenki által ismert hullámjelenségek a víz felületi hullámai. Ez egy kétdimenziós hullámterjedés, amelynek a fizikája meglehetősen bonyolult (a nagyobb hullámoknál a gravitáció, az egész kis hullámoknál a felületi feszültség a döntő ok, a közepes méretű hullámoknál a kettő keveredik; bár a hullám a felszínen terjed, a mélyebb rétegek is mozognak, így a víz mélysége is erősen befolyásolja a terjedést; részletes leírásával nem fogunk foglalkozni), viszont a jelenség jól megfigyelhető. Ha egy kavicsot a vízbe dobunk, kör alakú hullámfrontok indulnak a bedobás helyétől, amelyek állandó sebességgel távolodnak a hullámforrás helyétől. A távolról érkező hullámok hullámfrontja *egyenes*, a hullám a hullámfrontok irányára merőleges irányban halad.

Ha ezekről a hullámokról egy adott pillanatban állóképet készítünk, akkor a képen megfigyelhetjük a hullám térbeli periodicitását: két szomszédos hullámfront közötti távolság a *hullámhossz*. Ha viszont a hullámot egy adott helyen hosszabb ideig figyeljük (például a vízben állva a hasunkon figyeljük a vízszint magasságát), akkor egy rezgőmozgást láthatunk, amit a *periódusidő* jellemez. A hullám egy olyan jelenség amely térben és időben is periodikus.

*Egyszerű otthoni kísérlet:* A5-ös írólapra rajzoljunk vastag tollal szinuszfüggvényt! Készítsünk különböző periódusú rajzokat is (akár egy lapon egymás alá különböző színnel). Egy másik ugyanilyen lapon vágjunk egy függőleges rést, majd mozgassuk a szinuszhullámokat a rés mögött. Figyeljük meg, hogyan változik a résben látható rezgőmozgás frekvenciája a húzás sebességétől és a hullámhossztól!

A hullámterjedést a legegyszerűbb esetben (egydimenziós hullámoknál, vagy 2D esetén egyenes hullámoknál, vagy 3D-ben *síkhullámok*nál) az egydimenziós hullámegyenlet írja le. Ennek bevezetése a **jegyzet** 10.1 fejezetében található. Előtte olvassák el a 10. fejezet bevezetőjét is!

A hullám egy hullámforrásból indul, ahonnan a közegben terjedve jut el távolabbi helyekre – minél *messzebb* van egy pont, annál *később* ér oda ugyanaz a mozgásállapot. Az egydimenziós hullámfüggvény, amely egy kétváltozós függvény, ezt fejezi ki:  $\Psi(x, t) = f(t - \frac{x}{c})$ , ahol  $f(t)$  a hullámforrásban elindított zavar időfüggvénye,  $c$  pedig a „zavar terjedési sebessége” a közegben.

Ha a hullámforrásból induló zavar egy  $f(t) = A \cos(\omega t + \alpha)$  alakú harmonikus függvény, akkor *harmonikus* hullámot kapunk:  $\Psi(x, t) = A \cos(\omega t - kx + \alpha)$ .

A hullám jellemző adatai: az  $A$  amplitúdó, az időbeli periodicitást kifejező  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  körfrekvencia és a térbeli periodicitást leíró  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$  *hullámszám*. A hullámfüggvényben „elrejtve” van benne a  $c = \frac{\omega}{k}$  *fázissebesség*.

Olvassák el a részletes levezetést a jegyzetben, mert ezeket a fogalmakat fogjuk a hátralévő órákon végig használni!

Térbeli síkhullámnál a hullám terjedési irányát is megadja a  $\mathbf{k}$  hullámszámvektor. Ennek bevezetése a 10.1 fejezet végén található.

Eddig azt feltételeztük, hogy bármilyen zavar ugyanazzal a  $c$  fázissebességgel terjed. A valóságban azonban ez sokszor nincs így. Emiatt egy nem harmonikus hullám (amelyet a Fourier-felbontással különböző szinuszos tagok összegeként írhatunk le) a terjedés során torzul, hiszen a különböző frekvenciájú tagok más-más sebességgel terjedhetnek. Ez a jelenség a *diszperzió*. Egy véges *hullámcsomag* is felépíthető különböző frekvenciájú harmonikus hullámokból, amelyek más-más fázissebességgel terjednek. Az egész „csomagnak” lesz egy közös sebessége, ez a *csoportsebesség*. Levezetés a 10.1.1 fejezetben.

A mai óra utolsó témája a polarizáció. *Longitudinális* hullámoknál a rezgés iránya párhuzamos a terjedés irányával – ez egy egyértelmű irány –, *transzverzális* hullámoknál (a fogalmakat lásd a 10. fejezet bevezetőjében) a kitérés (vagy más, a hullámot jellemző mennyiség, pl. az elektromos térerősség vektora egy elektromágneses hullámnál) merőleges a hullám terjedési irányára. Ez azonban nem adja meg az irányt egyértelműen!

Általános esetben a rezgésirány tetszőleges lehet: ezt nevezzük polarizálatlan hullámnak. Ha csak egy adott síkban térhetnek ki a közeg pontjai, akkor a hullám lineárisan polarizált lesz. Részletek a 10.3 fejezetben. Érdeemes megnézni ezt a [videót](#) is.

Hullámtani kísérletek majd december 8-án lesznek, amelyek a november 17-i kísérleti bemutatóhoz hasonlóan lesznek majd láthatók. Addig érdemes a [Fizipédián](#) megtalálható videókat megnézni (amelyekre a jegyzetből is mutatnak linkek).

Jó tanulást! Akinek kérdése van, írjon!

Vankó Péter