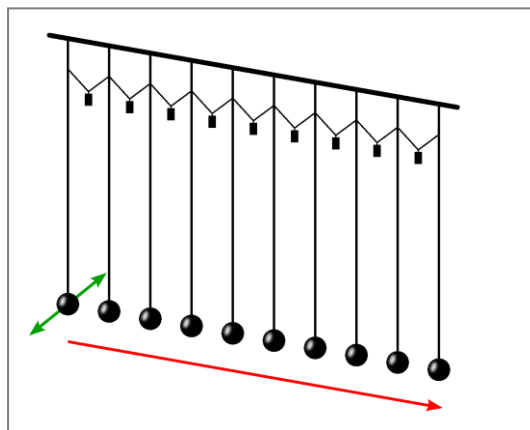


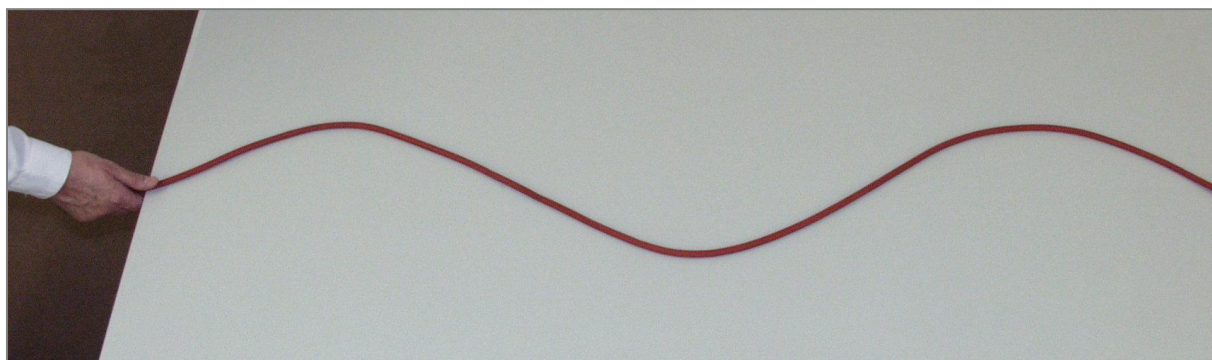
|   |                 |                 |                  |                 |                |   |
|---|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|----------------|---|
| ◀ | <i>Tartalom</i> | <i>Fogalmak</i> | <i>Törvények</i> | <i>Képletek</i> | <i>Lexikon</i> | ▶ |
|---|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|----------------|---|

## A hullámmozgás

A hullámmozgás kialakulása egy olyan ingasorral modellezhető, amelyben azonos lengésidejű (és tömegű) ingák vannak, és amelyek között azonos mértékű csatolást létesítettünk. Ha az első ingát kézzel egy teljes lengés megtételére kényszerítjük, akkor ez az inga a csatolás miatt kilendíti a másodikat. A második inga mozgásba hozza a harmadikat, az



pedig a következőt, és így a lengés végigfut az ingasoron. Mivel minden inga az előzőnél egy kicsit később jön mozgásba, a lengések végül is egy hullámot hoznak létre.



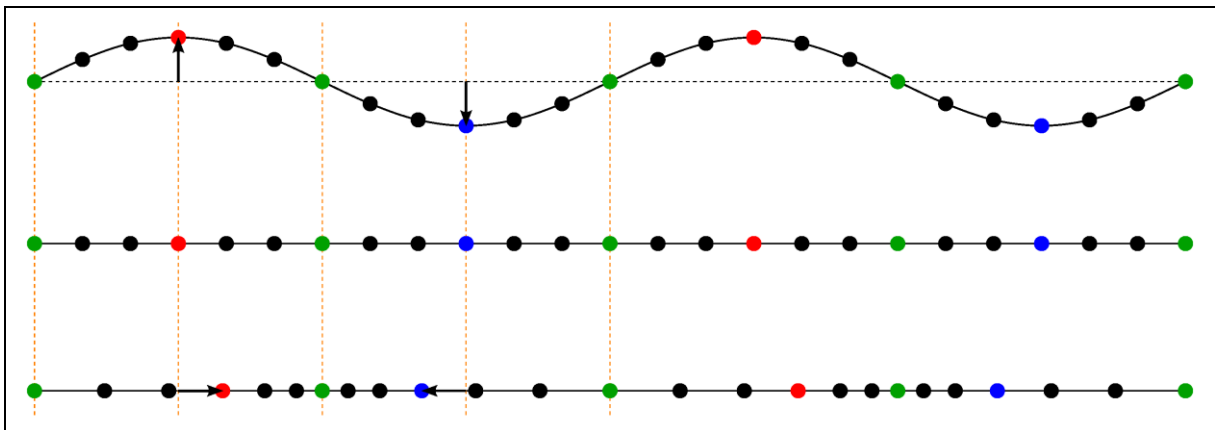
Ha az asztalra fektetett gumikötél végét jobbra-balra mozgatjuk, a kötélen egy hullámvonulat fut végig. Ha a tóba egy kavicsot dobunk, a vízfelszínen kör alakú hullámok alakulnak ki. A tűzijáték töltet felrobbanásakor, vagy az ágyúlövéskor keletkező hanghullám a tér minden irányába szétterjed. Ezek a példák azt mutatják, hogy *mechanikai hullám akkor jön létre, ha egy közegben valamilyen rezgés továbbterjed.*



A rezgés lehet rövid ideig tartó, és lehet hosszan tartó, periodikus rezgés is. Ez utóbbiak közül különösen fontosak azok, amelyeknél a kitérés az időnek szinuszos függvénye, azaz a rezgés harmonikus.

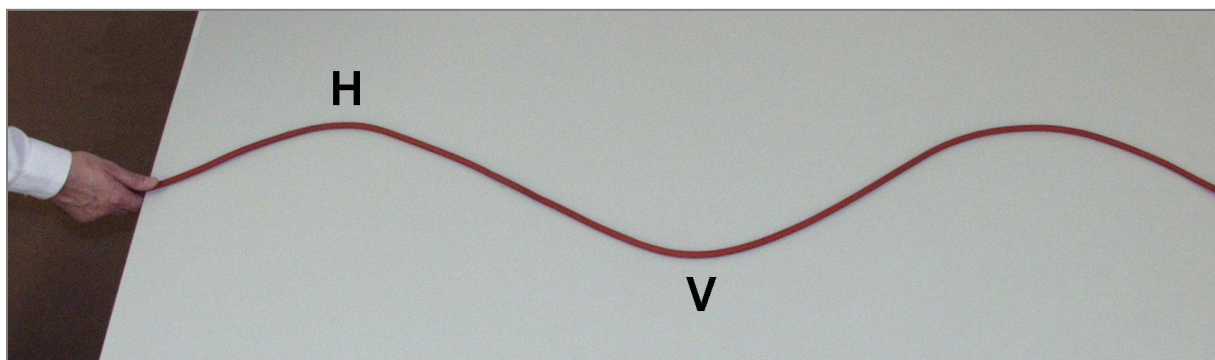
A hullámok egyrészt annak alapján osztályozhatók, hogy hány dimenziós közegben haladnak. A gumikötél egydimenziós, a rajta kialakuló hullámokat *vonala menti* hullámoknak nevezzük. A kétdimenziós vízfelületen terjedő hullámok *felületi* hullámok, a háromdimenziós levegőben haladó hanghullámok pedig *térbeli* hullámok.

A hullámok osztályozhatók a bennük terjedő rezgések iránya szerint is. *Az olyan hullámot, amelyben a rezgések iránya és a hullám terjedési iránya egymásra merőleges, transzverzális hullámnak* nevezzük. Transzverzális hullámok például a gumikötélen vagy a vízfelszínen kialakuló hullámok.

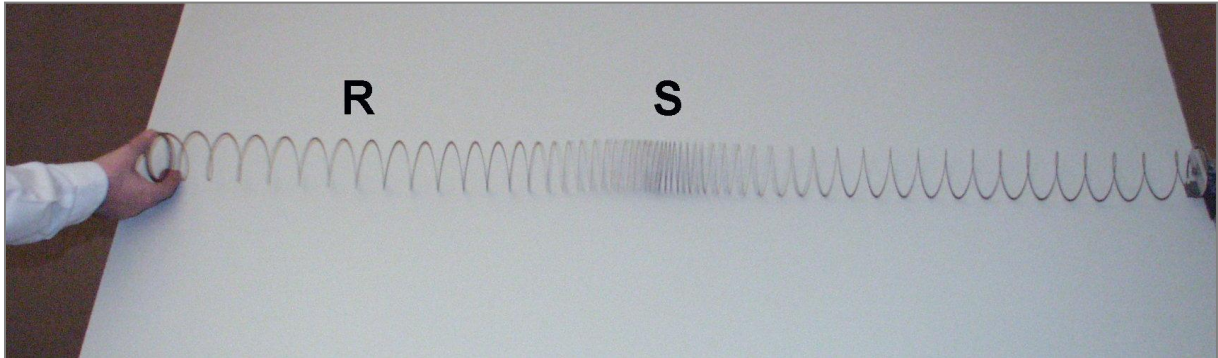


*Az olyan hullámot, amelyben a rezgések iránya és a hullám terjedési iránya egy egyenesbe esik, longitudinális hullámnak* nevezzük. Longitudinális hullám például a levegőben terjedő hanghullám.

A gumikötélen megfigyelhető, hogy a transzverzális hullámokban *hullámhegyek* és *hullámvölgyek* haladnak végig.

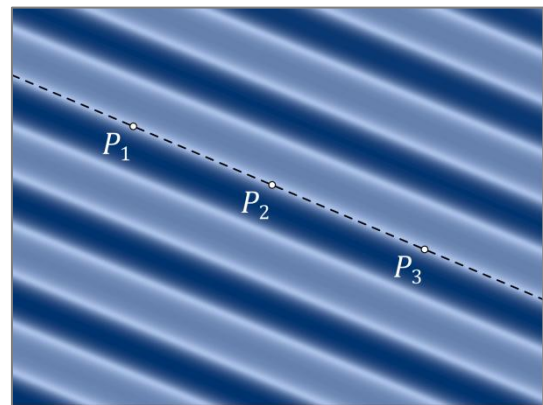
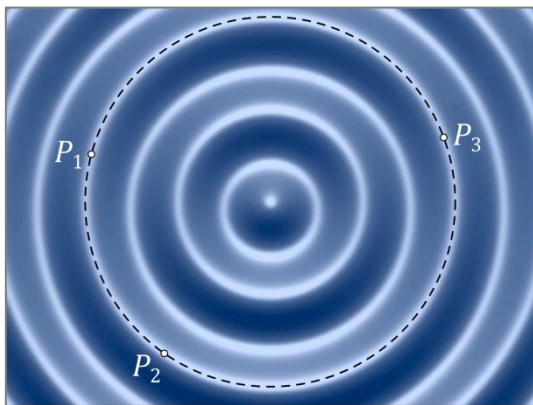


A laza csavarrugón létrehozott longitudinális hullámokban *sűrűsödések és ritkulások* terjednek.



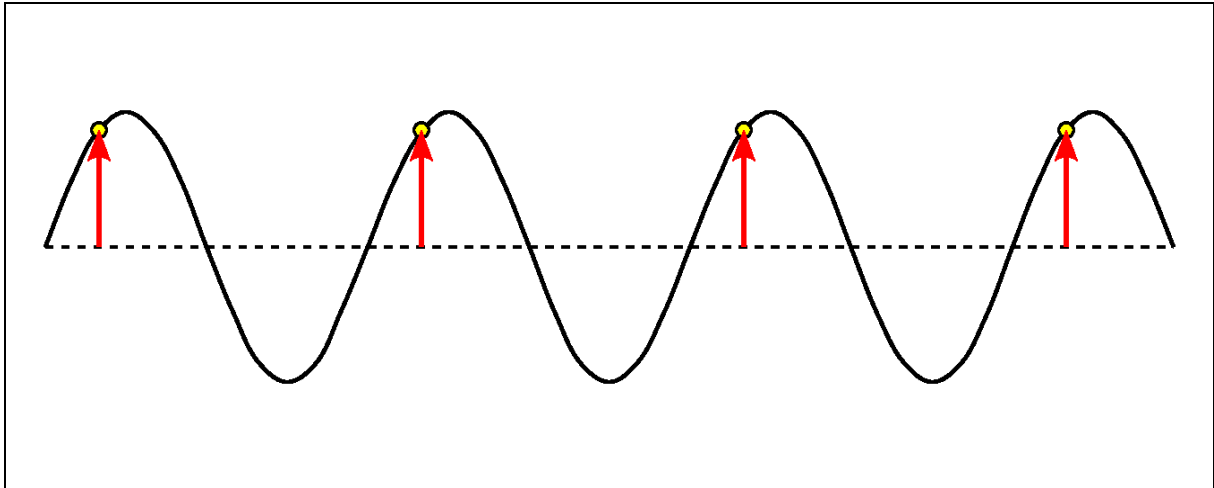
Ha azonban a gumikötél, illetve a rugó valamelyik pontját megjelöljük, akkor láthatjuk, hogy a hullámban valójában csak a rezgési állapot terjed tovább, az egyes pontok csupán rezgőmozgást végeznek. A *hullám frekvenciáján* ezeknek a rezgéseknek a frekvenciáját értjük. Ezzel összhangban a *hullám periódusideje* a rezgő pontok periódusidejével egyezik meg.

Körhullámokat létrehozva megfigyelhetjük, hogy az azonos fázisban rezgő pontok (például  $P_1$ ,  $P_2$  és  $P_3$ ) egy-egy körvonal mentén helyezkednek el.

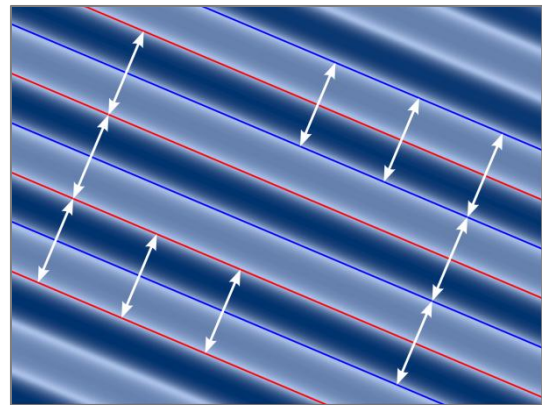
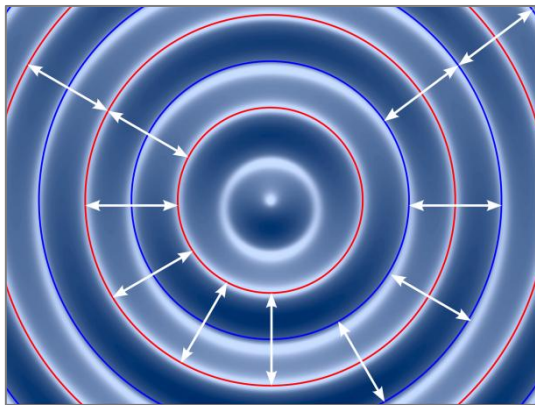


Az egyenes hullámoknál az azonos fázisú pontok egy-egy egyenesre illeszkednek. Egy pontszerű hangforrás által létrehozott térbeli hullámoknál az azonos fázisban rezgő pontok egy-egy gömbfelületet alkotnak. Azokat a *vonalak*, illetve térbeli hullámoknál azokat a *felületeket*, amelyeken az azonos fázisban rezgő pontok elhelyezkednek, *hullámfrontoknak* nevezzük.

Ha a gumikötél végét mozgatva hullámokat keltünk, megfigyelhetjük, hogy a kötélpontjai közül lesznek olyanok, amelyek azonos fázisban mozognak, ezek azonban egymástól elszigetelten helyezkednek el. *Egydimenziós hullámoknál a hullámfrontok csupán egy-egy pontból állnak.*



A hullámokról készített képekre berajzoltunk néhány olyan hullámfrontot, amelyek ugyanahhoz a kiválasztott fázishoz tartoznak. Látható, hogy az azonos fázishoz tartozó bármely két szomszédos hullámfront távolsága mindenütt ugyanakkora.

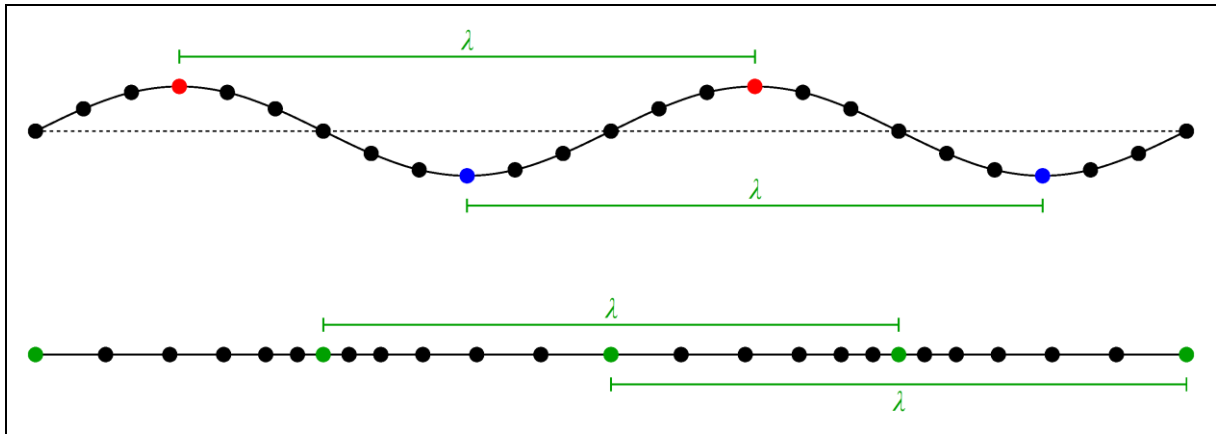


A gumikötélen létrehozott hullámoknál az ugyanahhoz a fázishoz tartozó, szomszédos hullámfrontokat alkotó pontok szintén egyenlő távolságra vannak.

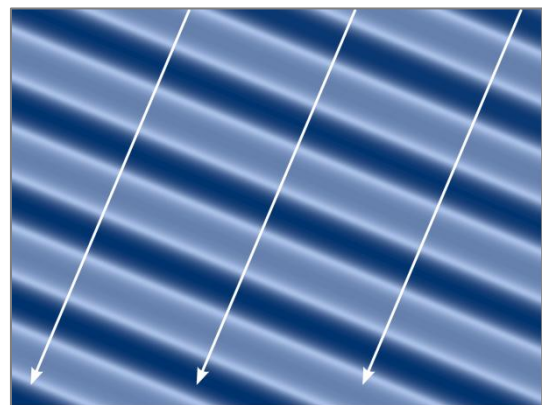
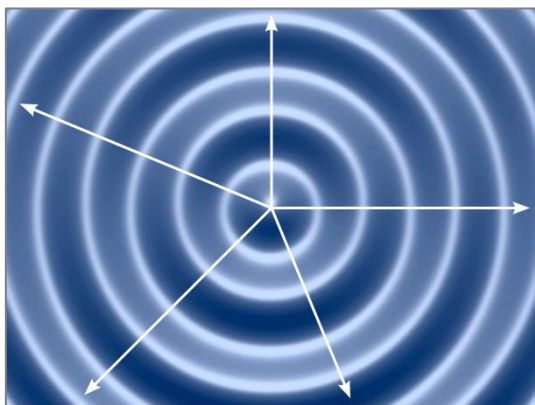
*Az azonos fázishoz tartozó, szomszédos hullámfrontok távolságát hullámhossznak nevezzük.* A hullámhossz jele:  $\lambda$  (A  $\lambda$  görög betű, neve *lambda*.) A hullámhossz mértékegysége:

$$[\lambda] = \text{m}.$$

Az előzőek alapján egyszerűen belátható, hogy a transzverzális hullámok hullámhossza ugyanakkora, mint két szomszédos hullámhegy vagy két szomszédos hullámvölgy távolsága. Longitudinális hullámoknál a hullámhossz megegyezik két szomszédos sűrűsödés vagy két szomszédos ritkulás távolságával.



Láttuk, hogy a hullámokban a rezgési állapot terjed. *Egy kiválasztott rezgésállapot pályáját sugárnak nevezzük.* A hullámokat ábrázoló képekre berajoltunk néhány sugarat is. Megfigyelhetjük, hogy *a sugarak mindig merőlegesek a hullámfrontokra.*

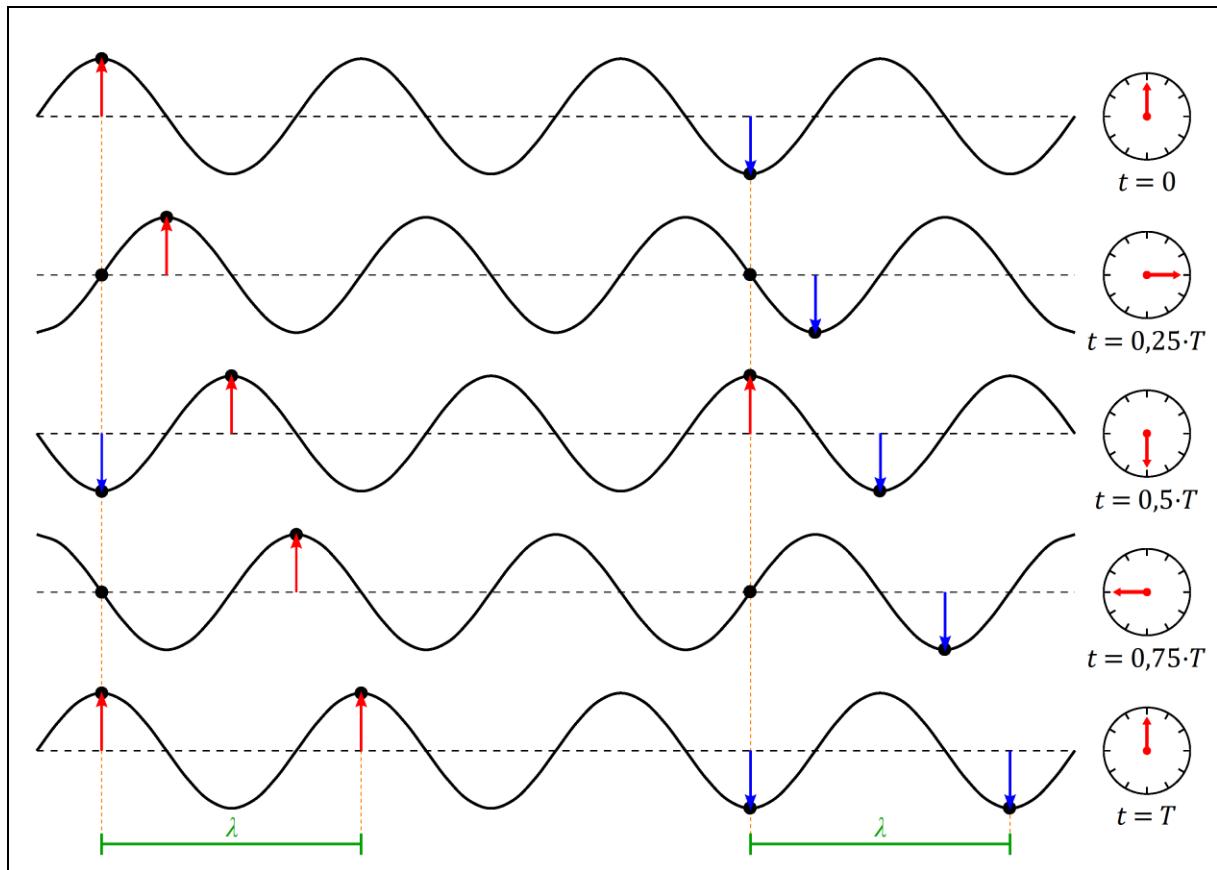


Azt a sebességet, amellyel a rezgési állapot a rugalmas közegben terjed, a hullám terjedési sebességének nevezzük. A hullám terjedési sebességének jele:  $c$ . SI-mértékegysége:

$$[c] = \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Az alábbi rajzsorozat alapján az is belátható, hogy a periódusidő alatt egy hullámhegy vagy egy hullámvölgy (vagy bármely más rezgési állapot)  $\lambda$  távolsággal mozdul el. Ennek alapján a hullám terjedési sebességének nagysága:

$$c = \frac{\lambda}{T}.$$



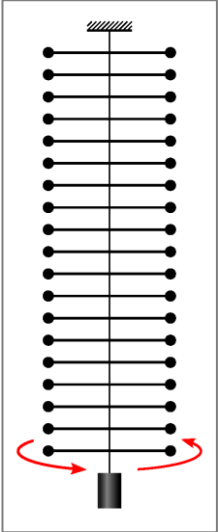
Ugyanez az összefüggés longitudinális hullámok terjedési sebességére is érvényes. A terjedési sebesség meghatározása alapján belátható, hogy a hullámtér bármely pontjában *a terjedési sebesség iránya megegyezik az adott ponton áthaladó sugár irányával.*

Az előző képletet a periódusidő és a frekvencia közti összefüggés alapján átalakítva kapjuk, hogy

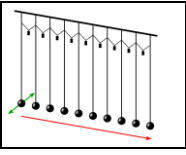
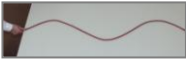



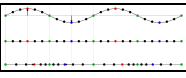
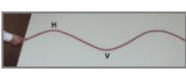
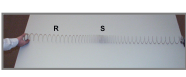
$$c = \lambda \cdot f.$$

*A hullám terjedési sebességének nagysága megegyezik a hullámhossz és a frekvencia szorzatával.*

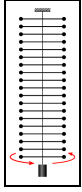
## Kiegészítések

1. A *dimenzió* latin eredetű szó, jelentése kiterjedés.
2. A *transzverzális* latin eredetű szó, jelentése keresztirányú. A *longitudinális* ugyancsak latin eredetű, jelentése hosszirányú, hosszanti.
3. Az olyan hullámot, amelyben a közeg egyes elemei forgási (torziós) rezgéseket végeznek, *torziós hullámnak* nevezzük. A torziós hullámok a transzverzális hullámok speciális esetének is tekinthetők. Torziós hullámok hozhatók létre például a Julius-féle hullámgéppel. Ez egy vékony huzalra rögzített pálcák sorozatából áll. Ha az alsó pálcát forgási rezgésekre kényszerítjük, az eszközön torziós hullámok alakulnak ki.
4. A *sugár* elnevezést az indokolja, hogy ha a vízfelület egy pontjában hullámokat keltünk, akkor a sugarak a kör alakú hullámfrontok geometriai értelemben vett sugarai lesznek. Ugyanígy a térbeli gömbhullámok sugarai geometriai értelemben is sugarak.
5. A földrengéshullámok háromféle összetevőből állnak, ezeket P, S és L betűkkel jelöljük. A P hullámok térbeli, longitudinális hullámok. A P hullámok terjednek a leggyorsabban, ezeket észlelik leghamarabb. Angol eredetű nevüket is innen kapták (**p**rimary = elsődleges). Az S hullámok térbeli, transzverzális hullámok, terjedési sebességük kisebb, ezért másodikként észlelik őket (**s**econdary = másodlagos). Az L hullámok felületi hullámok, transzverzális és longitudinális összetevőjük is van. Terjedési sebességük a legkisebb, hullámhosszuk lényegesen nagyobb, mint a P és az S hullámok hullámhossza (**l**ong = hosszú). A tapasztalatok szerint legnagyobb károkat az L hullámok okozzák.

## Képek jegyzéke

|   |   |
|---|---|
|    | <p><b>Hullám kialakulása ingasoron</b><br/>         © <a href="http://fizikakonyv.hu/rajzok/0348.svg">http://fizikakonyv.hu/rajzok/0348.svg</a></p>   |
|    | <p><b>Hullám gumikötélen</b><br/>         © <a href="http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0226.jpg">http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0226.jpg</a></p>   |
|    | <p><b>Hullám víz felszínén</b><br/>         © <a href="http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0229.jpg">http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0229.jpg</a></p>   |
|   | <p><b>Tűzijáték töltet felrobbanása</b><br/>         © <a href="http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0034.jpg">http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0034.jpg</a></p>  |
|  | <p><b>Ágyúlövések által létrehozott lökeshullámok (USS Iowa csatahajó)</b><br/>         W <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Uss_iowa_bb-61_pr.jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Uss_iowa_bb-61_pr.jpg</a></p> |
|  | <p><b>Transzverzális (fent) és longitudinális hullám (lent) kialakulása</b><br/>         © <a href="http://fizikakonyv.hu/rajzok/0349.svg">http://fizikakonyv.hu/rajzok/0349.svg</a></p>  |
|  | <p><b>Hullámhegy (H) és hullámvölgy (V) gumikötélen</b><br/>         © <a href="http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0231.jpg">http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0231.jpg</a></p>  |
|  | <p><b>Ritkulás (R) és sűrűsödés (S) spirálrugón</b><br/>         © <a href="http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0232.jpg">http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0232.jpg</a></p>  |

|   |  |
|---|--|
|    | <p><b>Körhullám hullámfrontja</b><br/> © <a href="http://fizikakonyv.hu/fotok/0017.png">http://fizikakonyv.hu/fotok/0017.png</a></p>   |
|    | <p><b>Egyenes hullám hullámfrontja</b><br/> © <a href="http://fizikakonyv.hu/fotok/0018.png">http://fizikakonyv.hu/fotok/0018.png</a></p>  |
|    | <p><b>Vonalmenti hullám hullámfrontjai</b><br/> © <a href="http://fizikakonyv.hu/rajzok/0350.svg">http://fizikakonyv.hu/rajzok/0350.svg</a></p>                                    |
|    | <p><b>Hullámhossz körhullámnál</b><br/> © <a href="http://fizikakonyv.hu/fotok/0021.png">http://fizikakonyv.hu/fotok/0021.png</a></p>  |
|  | <p><b>Hullámhossz egyenes hullámnál</b><br/> © <a href="http://fizikakonyv.hu/fotok/0022.png">http://fizikakonyv.hu/fotok/0022.png</a></p>   |
|  | <p><b>Hullámhossz transzverzális és longitudinális vonalmenti hullámoknál</b><br/> © <a href="http://fizikakonyv.hu/rajzok/0351.svg">http://fizikakonyv.hu/rajzok/0351.svg</a></p> |
|  | <p><b>Sugarak körhullámoknál</b><br/> © <a href="http://fizikakonyv.hu/fotok/0019.png">http://fizikakonyv.hu/fotok/0019.png</a></p>  |
|  | <p><b>Sugarak egyenes hullámnál</b><br/> © <a href="http://fizikakonyv.hu/fotok/0020.png">http://fizikakonyv.hu/fotok/0020.png</a></p>   |
|  | <p><b>A hullámfront elmozdulása a periódusidő alatt</b><br/> © <a href="http://fizikakonyv.hu/rajzok/0352.svg">http://fizikakonyv.hu/rajzok/0352.svg</a></p>                       |



## Torziós hullámok létrehozása (Julius-féle hullámgép)

© <http://fizikakonyv.hu/rajzok/0353.svg>

### *Jelmagyarázat:*

- © **Jogvéde**tt anyag, felhasználása csak a szerző (és az egyéb jogtulajdonosok) írásos engedélyével.
- W A *Wikimedia Commons*-ból származó kép, felhasználása az eredeti kép leírásának megfelelően.