



**МЕДИЦИНСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ПЛЕВЕН**  
**ФАКУЛТЕТ „ОБЩЕСТВЕНО ЗДРАВЕ“**  
**ЦЕНТЪР ЗА ДИСТАНЦИОННО ОБУЧЕНИЕ**

**Лекция №10**

# **БИОМЕХАНИКА**

**Периодични движения. Механични трептения - същност, генериране и видове. Механични и електромагнитни вълни. Характеристики на вълните - амплитуда, честота, период, дължина, фаза, скорост, енергия, интензитет, вълнов фронт. Вълнови явления.**

**Проф. Константин Балашев, дхн**

## Механични трептения и вълни

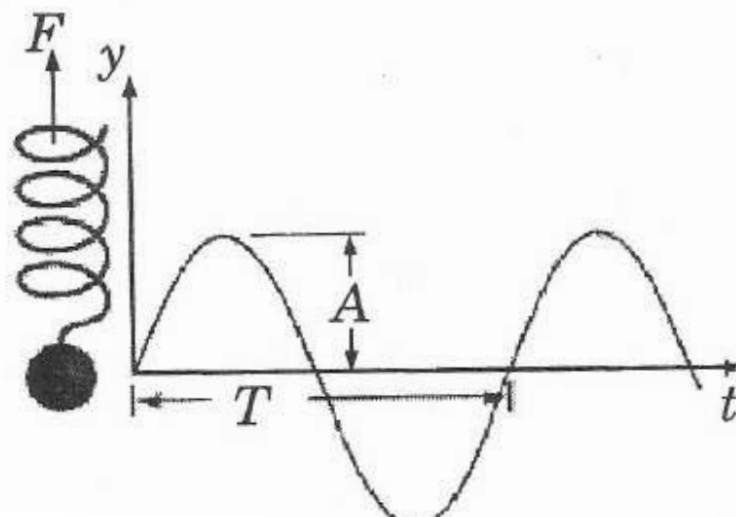
*Трептения* са движения или изменения в състоянието на телата, които се повтарят във времето. Трептенията са *периодични*, ако се описват с физични величини, чиито стойности се повтарят през равни интервали от време. Най-малкият от тези интервали  $T$  се нарича *период*, а броят на трептенията за единица време – *честота* на трептенията  $\nu$  :

$$\nu = \frac{1}{T} . \quad (3.1)$$

Механични трептения се получават най-често под действието на сила  $F$ , която е пропорционална на *отместването* на тялото  $y$  от изходното му положение и има посока към това положение:

$$F = -ky . \quad (3.2)$$

В този случай силата се нарича *еластична*, движението на тялото – *хармонично трептене*, а самото тяло – *хармоничен осцилатор*. Знакът минус пред коефициента на пропорционалност  $k$  показва, че силата връща тялото към изходното му положение, т. е. нейната посока е обратна на нарастването на отместването. Заби-



Зави-

симостта на отместването  $y$  от времето  $t$  се описва със синусова или косинусова функция (фиг. 3.1) и се нарича *уравнение на хармоничното трептене*:

$$y = A \sin(\omega t + \varphi_1) = A \cos(\omega t + \varphi_2) \quad (3.3)$$

Изразите  $\omega t + \varphi_1$  и  $\omega t + \varphi_2$  се наричат *фази*,  $\omega$  – *ъглова честота*,  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  – *фазови константи*, а  $A$  – *амплитуда*.

Амплитудата определя максималното отклонение на тялото, а фазовата константа – отклонението на тялото в началния момент  $t = 0$ .  
Като се има предвид, че периодът  $T$  на функциите  $\sin x$  и  $\cos x$  е  $2\pi$ , т. е.  $\omega T = 2\pi$ , връзката между кръговата честота  $\omega$  и честотата  $\nu$  на хармоничното трептене е:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu .$$

Когато трептящото тяло или частица е съставна част на система от други такива, трептенията се предават на съседните тела или частици. Те от своя страна предават трептенията си на своите съседни и по този начин в една среда или система от тела или частици трептенето се разпространява във всички посоки. Този процес се нарича *вълнообразно движение* или *вълна*. Характерно за това движение е, че през средата се пренася енергия, без участващите във вълната тела или частици да напускат областта си на трептене, т.е. без да се пренася вещество.



Под *скорост на разпространение на вълната*  $v$  се разбира скоростта, с която произволно избрана фаза на трептене на частиците се премества в средата (например фазата  $\pi/2$ , съответстваща на един от върховете на вълната). Тази скорост се нарича *фазова скорост*, но обикновено думата “фазова” се изпуска. Разстоянието  $\lambda$ , на което фазата на трептенето се разпространява за време един период  $T$ , се нарича *дължина на вълната*:

$$\lambda = vT$$

$$v = \lambda\nu$$

# Звук

Механичните трептения и вълни, които могат да се възприемат от ухото на човека, се наричат *звук*. Техните честоти попадат в диапазона от 20 Hz до 20 kHz, определен експериментално чрез усредняване на измерванията върху много хора. От физична гледна точка механичните трептения и вълни извън този диапазон не се различават от звука и затова се разглеждат заедно с него в раздела *акустика*.



Механичните вълни с честота под 20 Hz се наричат *инфразвук*, а с честота над 20 kHz – *ултразвук*. Някои животни възприемат като звук вълни и от тези области (табл. 3.1). Най-високочестотните механични вълни от областта  $10^9 - 10^{13}$  Hz се отнасят към *хиперзвука*.

**Табл. 3.1.** Честотни интервали на звук, възприеман от някои животни

Слон	5 Hz – 10 kHz	Мишка	2 kHz – 90 kHz
Котка	50 Hz – 90 kHz	Прилеп	10 kHz – 100 kHz
Куче	60 Hz – 50 kHz	Нощна пеперуга	15 kHz – 80 kHz

*Източници* на звук могат да бъдат всички трептящи тела (пръчки, струни, мембрани, въздушни стълбове и др.), които създават механични вълни в материална среда.

*Скоростта* на разпространение на звука не зависи от честотата на трептенията, а от еластичните свойства и плътността на средата  $\rho$ .

# Физични характеристики на звука

*Физичните характеристики* на звука са свързани с неговите физични свойства, а *психофизичните* – с възприемането му от човека. Освен честота, други по-важни физични характеристики на звука са звуково (акустично) налягане, интензитет, ниво на интензитета и спектрален състав.

*Звуково налягане*  $\Delta p$  е допълнителното налягане, което възниква при разпространението на нагълъжните звукови вълни в местата на сгъстяване ( $\Delta p > 0$ ) и разреждане ( $\Delta p < 0$ ) на частиците на средата.

*Интензитет на звука  $I$  е пренесената от звуковата вълна енергия  $E$  за единица време ( $t = 1$  s) през единица площ ( $S = 1$  m<sup>2</sup>), разположена перпендикулярно на посоката ѝ на разпространение:*

*Интензитетът на звука има смисъл на **плътност на енергиен поток**, тъй като под енергиен **поток** се разбира енергията, пренесена през площта  $S$  за единица време. Освен за енергия, величините **поток** и **плътност на потока** се въвеждат и за други физични величини, като например за пренесени обем на флуид, количество топлина, енергия на лъчение, маса и др.*



Стойностите на интензитета на звуците, възприемани от човешкото ухо, са в много широк диапазон. За тяхното сравняване се използва физична величина, наречена *ниво на интензитета*  $L$ .

За начална стойност в скалата на интензитета е приета  $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ . Тя е определена като най-малкия интензитет на звук с честота 1 kHz, който човек чува (*праг на чуване*).

Нивото на интензитета е безразмерна величина и се изразява в единицата *бел* (B). Звук с интензитет  $I$ , независимо от честотата, има ниво на интензитета един бел ( $L = 1\text{B}$ ), ако  $I = 10 I_0$ . По-популярна в практиката е производната единица *децибел* (dB), 10 пъти по-малка от бела:

$$[L] = \text{B} = 10 \text{ dB} .$$