

## 2. Periodikus mozgások

- Egyenletes körmozgás, harmonikus rezgőmozgás. A két mozgás kapcsolata.
- A mozgásokra jellemző fizikai mennyiségek, mértékegységeik.
- A mozgásegyenletek.
- A mozgások dinamikai jellemzése.
- A rezgő test energiája, a rezonancia jelensége.
- Példák a felsorolt mozgásokra, jelenségekre.

Ha egy folyamatot jellemző fizikai mennyiségek ismétlődő változásuk közben egyenlő időközönként azonos értékeket vesznek fel, a változás periodikus.

- Periódusidő/ rezgésidő:
  - Az az időtartam, amely alatt egyszer játszódik le a periodikus változás ismétlődő szakasza (amely alatt a rezgőmozgás ismétlődő része egyszer játszódik le)
  - jele: T
- Frekvencia:
  - Az a mennyiség, amely megmutatja a periodikus változások egységnyi idő alatt bekövetkező ismétlődéseinek a számát
  - jele: f
  - mértékegysége: Hz=

A periódusidő és a frekvencia az ismétlődések üteme, gyakorisága szempontjából jellemzi a periodikus változásokat.

### **Az egyenletes körmozgás:**

Ha az anyagi pont egy körpályán egyenlő időtartamok alatt egyenlő íveket fut be – bármilyen kicsik vagy nagyok is ezek az időtartamok – a mozgás egyenletes körmozgás.

- A forgómozgás legegyszerűbb változata az, amikor a merev test forgástengelye rögzített. A rögzített tengelyen forgó merev test minden anyagi pontnak tekinthető része a tengelyre merőleges síkú körpályán kering.
- A forgómozgásnak azt a sajátos esetét, amikor a test egyetlen anyagi pontnak tekinthető, és így csak egyetlen körpálya van, körmozgásnak nevezzük. A körmozgás ezért tekinthető párhuzamos eltolásnak, tehát haladó mozgásnak.

- Az egyenletes körmozgás periodikus mozgás
  - periódusidő = keringési idő
    - jele: T
  - frekvencia = fordulatszám
    - jele: n
- Az egyenletes körmozgást végző anyagi pont egy kör kerületén úgy mozog, hogy keringési ideje, és így fordulatszáma állandó:

$$v_k = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2 \cdot r \cdot \pi}{T} = 2 \cdot r \cdot \pi \cdot n \rightarrow \text{pillanatnyi sebesség/kerületi sebesség}$$

- A kerületisebesség-vektor nagysága állandó, iránya azonban mindig a körpálya érintőjének irányával egyezik meg  $\rightarrow$  kerületisebesség-vektor egyenletesen változik. Az egyenletes körmozgás tehát egyenletesen változó mozgás, így van gyorsulása ( $a_{cp}$ ), amely merőleges a kerületi sebességre (tehát mindig a körpálya középpontja felé mutat), és nagysága állandó.

$$a_{cp} = \frac{v^2}{r}$$

- A centripetális gyorsulást fenntartó erőt centripetális erőnek hívjuk:

$$F_{cp} = m \cdot a_{cp} = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

- A gyorsulás iránya mindig megegyezik az azt fenntartó erőhatás irányával
- Ha az erőhatás nagysága állandó, akkor a gyorsulás nagysága is változatlan.
- Az egyenletes körmozgás fenntartásának az a dinamikai feltétele, hogy az anyagi pontot érő erők eredője mindig a kör középpontja felé mutasson, és nagysága változatlan legyen.
- A kiterjedt merev test forgómozgása nem jellemezhető egyetlen pontjának útjával és sebességével.
- A rögzített tengelyen forgó merev testek bármely pontjához húzott sugár ugyanakkora szöggel fordul el.
- Az egész test elfordulása jellemezhető ezzel a szöggel, amit szögelfordulásnak nevezünk.
  - jele:  $\phi$

A forgómozgás akkor egyenletes, ha egyenlő idők alatt – bármilyen kicsik vagy nagyok is ezek az időtartamok – egyenlő a test szögelfordulása.

- Két egyenletesen forgó merev test közül az forog gyorsabban, amelyiknél ugyanannyi idő alatt nagyobb a szögelfordulás, vagy ugyanakkora szögelfordulás rövidebb idő alatt jön létre.

- Egyenletes forgásnál a szögelfordulás egyenesen arányos az elfordulás időtartamával, tehát hányadosuk állandó.
  - A hányados neve szögsebesség
  - jele:  $\omega$
  - mértékegysége:  $\frac{1}{s}$
  - $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$
  - Ha  $\Delta\varphi = 2 \cdot \pi$  akkor  $\Delta t = T$
  - $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = 2 \cdot \pi \cdot n$

## Harmonikus rezgőmozgás

- A fizikában minden olyan változást, amely időben valamilyen (szabályos vagy kevésbé szabályos) ismétlődést mutat, rezgésnek nevezünk.
- A rezgések egyik nagy csoportját a mechanikai rezgések alkotják. Ezek legfőbb jellemzője az, hogy mindig valamilyen mozgás közben játszódnak le, ezért ilyen esetben rezgőmozgásról szokás beszélni.
- Az olyan rezgést, amely ugyanazt a változási szakaszt folyamatosan, ugyanúgy ismételteti, periodikus rezgésnek nevezzük.
- A harmonikus rezgőmozgást végző anyagi pont kitérésének időbeli változása szinuszfüggvény segítségével írható le.
- Kitérés: az egyensúlyi helyzettől mért pillanatnyi távolsága
  - jele:  $y$
- Amplitúdó: A legnagyobb kitérés nagysága
  - jele:  $A$
- Az egyenletes körmozgás és a harmonikus rezgőmozgás kapcsolata:

Minden harmonikus rezgőmozgást végző kisméretű testhez létrehozható egy olyan egyenletes (referencia) körmozgás, amelyben az ugyancsak kisméretű test merőleges vetülete (árnyéka) együtt mozog a rezgő ponttal.

- A rezgő test kitérése minden pillanatban megegyezik a referencia körmozgást végző test helyvektorának rezgésirányú komponensével.

$$y = A \cdot \sin\omega \cdot t$$

- A harmonikus rezgőmozgást végző test sebessége minden pillanatban a referencia körmozgást végző anyagi pont kerületi sebességvektorának rezgésirányú komponensével egyezik meg.

$$v = A \cdot \omega \cdot \cos\omega \cdot t$$

$$v_{max} = A \cdot \omega$$

- A harmonikus rezgőmozgást végző test gyorsulásvektora egyenlő a referencia körmozgásnak megfelelően mozgó test centripetálisgyorsulás-vektorának rezgésirányú komponensével.

$$a = -A \cdot \omega^2 \cdot \sin\omega \cdot t = -\omega^2 \cdot y$$

$$a_{max} = A \cdot \omega^2$$

- A harmonikus rezgőmozgás dinamikai feltétele:  
Minden olyan esetben, amikor a testet érő erők eredőjének nagysága egyenesen arányos a kitéréssel és iránya ellentétes azzal, a test harmonikus rezgőmozgást végez

$$F_e = -m \cdot \omega^2 \cdot y$$

- Az energiamegmaradás törvénye értelmében minden közbülső helyzetben a rendszer összes mechanikai energiája a rugó rugalmas és a test mozgási energiájának az összege. Ez a szélső helyzeti rugalmas, vagy a nulla kitérésű helyzetben levő mozgási energiával egyenlő.

$$E_{\text{ö}} = \frac{1}{2} D \cdot x^2 + \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} D \cdot A^2 = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{max}}^2,$$

- A rezgésidő:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}}$$

- Az egyik végén felerősített hosszú, vékony, nyújthatatlan zsinég és a zsinég másik végére kötött kisméretű, de a zsinéghez viszonyítva nagy tömegű test fonálingát alkot.
- Ha a fonálingát kitérítjük és elengedjük, akkor az a nyugalmi és a kitérítési pontján átmenő függőleges síkban köríven leng. A fonálinga mozgása harmonikus rezgőmozgásnak tekinthető.

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$$

- Csillapított rezgés:
  - a magára hagyott rezgő test amplitúdója a fékező hatások miatt folyamatosan csökken, végül a test megáll
- Csillapítatlan rezgés:
  - a csillapító hatásokat (közegellenállás, súrlódás stb.) más hatásokkal ki kell kiegyenlíteni (pl. megfelelő ütemben lökdösní a hintát)
- Szabad rezgés:
  - Amikor egy rezgésre képes rendszert csak egyetlen erőlkéssel hozunk mozgásba és utána magára hagyjuk
  - A sajátrezgést végző test rezgésszáma, a sajátrezgésszám csak a rezgő rendszer saját adataitól függ.
- Csatolt rezgés:
  - melynél két vagy több rezgő rendszer kölcsönösen befolyásolja egymás rezgését
  - Egyenlő hosszúságú ingák csatolt rezgésénél a két rendszer amplitúdója, és így energiája periodikusan úgy változik, mintha „kicserélődne”.
- Kényszerrezgés:
  - Olyan csatolt rezgés, mikor egy rezgő rendszer egy külső gerjesztő hatásnak megfelelően kényszerül mozogni.
- Rezonancia:
  - Amikor a kényszerítő hatás rezgésszáma megegyezik a kényszerrezgést végző rendszer sajátrezgésszámával.

- Rezonanciakatasztrófa:
  - A rezonancia annál „élesebben” és erőteljesebben jön létre, minél kisebbek a rezgést csillapító hatások. Ilyenkor a kényszerrezgés amplitúdója olyan nagyra növekedhet, hogy a rezgő rendszer tönkremegy.
  
- Nevek:
  - Christiaan Huygens:  
megfigyelések és matematikai megfontolások alapján levezette az egyenletes körmozgás gyorsulását megadó képletet. Ő ismerte fel azt is, hogy a körmozgás létrehozásához erőhatás kell. Ez volt az első eset, amikor bebizonyították (az ókori görögök és még Galilei elképzelésével ellentétben is), hogy nem az egyenes vonalú egyenletes mozgás fenntartásához, hanem annak megváltoztatásához kell erőhatás.
  - René Descartes:  
általánosította ezt a felfogást, amikor kimondta: földi és égi jelenségek esetén egyaránt igaz, hogy változás csak érintkezéssel járó kölcsönhatás közben jöhet létre.