Második előadás (Fizika)

A ma általánosan elfogadott mértékegységrendszer az SI, amely *alap* és *kiegészítő* mennyiségekből áll. Az SI-t régebben MKSA rendszernek is nevezték (méter, kilogramm, szekundum, amper szavak kezdőbetűje alapján). Az alapmennyiségek a következők: hosszúság jele l, mértékegysége a méter, mértékegységének jele[1] az m, a tömeg jele az m, mértékegysége a kilogramm, jele a kg, az idő jele a t mértékegysége a secundum, jele az s, az elektromos áramerősség jele az I, mértékegysége az amper, jele az A, az abszolút hőmérséklet jele a T, mértékegysége a kelvin, jele a K, az anyagmennyiség jele az n, mértékegysége a mól, jele a mol, a fényerősség jele az I_V, mértékegysége a kandella, jele Cd. A kiegészítő mennyiség a *síkszög* és a *térszög*.

A métert először úgy határozták meg, hogy a Föld délkörét vették alapul és annak hosszát addig osztották, amíg olyan egységet nem kaptak, amely sem túl kicsiny, sem túl nagy az ember méretéhez viszonyítva. A kilogramm egységéül egy köbdeciméter térfogatú +4C°-os hőmérsékletű víz tömegét választották. Az idő egységét a Föld saját tengely körüli forgásának periódusidejéből származtatták. A fizikai mennyiségek egységének modern értelmezése ettől eltérő. Ennek oka, hogy a Föld egyenlítőjének a hosszát egyre pontosabban tudjuk mérni (ezért kis mértékben állandóan változtatni kellene a méter hosszát). A Föld saját tengely körüli forgásának periódusideje pedig kis mértékben állandóan változik. Ezért az utóbbi évtizedekben a fizikai mennyiségeket olyan természeti állandókkal hozták kapcsolatba, amelyek legjobb tudásunk szerint nem változnak. A hosszúság egységét a fénysebességgel, az időt pedig a cézium atom által kibocsátott meghatározott hullámhosszú sugárzás periódusidejével hozták kapcsolatba. Az abszolút amper-t két egymással párhuzamos, egy méter hosszúságú vezeték között fellépő erőhatás alapján definiálják. Az abszolút hőmérséklet zéruspontja az abszolút nulla kelvin (-273,16 °C). Egysége megegyezik a Celsius-skála egységével. A mol annyi elemi egységet tartalmaz, mint amennyi atom van 0,012 kg tömegű ^{12}C-es izotóban. Ezt a számot fejezi ki az ún. Avogadro-állandó $N_A \approx 6,022 \cdot 10^{23}$ db/mol. A kandella egy fotmetriai fogalom jelentése latinul gyertya. Kifejezi a fényforrás, az emberi látás tartományában észlelhető fényének nagyságát. A leszármaztatott mennyiségek az alapmennyiségekből matematikai műveletekkel kaphatók meg. Például az elektromos töltés mértékegysége a coulomb [C]=[A]·[s].

A kinematika alapkérdése „Hogyan mozog egy anyagi pont?”. A kinematikai jellemzéshez azonban a test v sebességét is (minden időpillanatban) meg kell határozni. Ez három pozíció idő $(x(t), y(t), z(t))$ és három sebesség–idő $(\dot{x}(t), \dot{y}(t), \dot{z}(t))$ függvény ismeretét kívánja meg. Egy test mechanikai állapotát a helyzetének és a sebességének az ismerete jelenti.

A testek mozgása térben és időben zajlik. A Newton féle felfogás szerint a mozgás az *abszolút nyugvó tér*ben zajlik, amelyben nincs kitüntetett pont (homogén), sem kitüntetett irány (izotróp). Az időben sincs kitüntetett pont azaz *homogén*. Másik fontos tulajdonsága pedig az, hogy *folytonos*. Mivel az abszolút nyugvó tér nem érzékelhető a testek mozgását csak valamilyen másik testhez viszonyítva adhatjuk meg. Ezt a testet *referencia test*nek nevezzük. A referencia testhez rögzített koordináta-rendszert *vonatkoztatási rendszer*nek nevezzük. Ha a koordináta-rendszer Descartes koordináta-rendszer, akkor a tér minden pontját egy számhármassal jellemezzük (x, y, z).

[1] továbbiakban röviden csak „jele”

Az átlagos sebesség ($\langle v \rangle$) matematikailag egy ún. *különbségi vagy differencia hányados*:

$$\langle v(t) \rangle \;=\; \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x(t_2) - x(t_1)}{t_2 - t_1} = \frac{x(t + \Delta\, t) - x(t)}{\Delta t}.$$

A sebesség vektor jellegű fizikai mennyiség, mértékegysége a m/s. Egydimenzióban a sebesség vektor jellege nem mutatkozik meg, de sík és térbeli mozgások során a vektor jelleg jelentősége nagy! A sebesség számértékileg egyenlő az egységnyi idő alatt megtett úttal. Az átlagos sebesség nagysága számértékileg $x - t$ síkon egy szelő meredekségével egyezik meg, hiszen a $\Delta x/\Delta t$ hányadost egy iránytangensként is felfoghatjuk. Minél rövidebb a Δt időintervallum, annál jobban közelít az átlagos sebesség a pillanatnyi sebességhez. Az $x(t)$ függvény differenciahányadosának határértékeként jutunk el a pillanatnyi sebesség fogalmához:

$$v(t) \;=\; \lim_{\Delta\, t \to 0} \left(\frac{x(t + \Delta\, t) - x(t)}{\Delta t} \right) = \frac{d\, x(t)}{d\, t} = \dot{x}.$$

Az átlagos gyorsulást szintén különbségi hányadosként értelmezzük:

$$\langle a(t) \rangle = \frac{v(t_2) - v(t_1)}{t_2 - t_1} = \frac{v(t + \Delta\, t) - v(t)}{\Delta\, t}.$$

A gyorsulás vektor jellegű fizikai mennyiség, mértékegysége a m/s^2. Az v sebességre vonatkozó differenciahányados határértékét képezve jutunk el a pillanatnyi gyorsulás fogalmához:

$$a(t) = \frac{d\, v(t)}{d\, t} = \dot{v} = \ddot{x}.$$

A pillanatnyi gyorsulás számértékileg a sebesség-idő függvény adott pontjához húzott érintő meredekségével egyezik meg.

A kinematikai feladatokban a *hol* és *mikor* kérdésre keressük a választ. A választ a matematika nyelvén adjuk meg azaz $x(t)$ pozíció–idő, $v(t)$ sebesség–idő függvények keretében. A kinematikai feladatok egy része megoldható három kinematikai egyenlet alapján. A következő kinematikai egyenletek csak egyenesvonalú, állandó gyorsulással végbemenő mozgásokra érvényesek.

$$v(t) \;=\; v_0 + a\, t \tag{1}$$
$$x(t) \;=\; x_0 + v_0\, t + \frac{a}{2}\, t^2 \tag{2}$$
$$v^2 \;=\; v_0^2 + 2\, a\, (x - x_0) \tag{3}$$

Az x_0, v_0 jelentése $t = 0$ időpillanatban a test helyzete illetve sebessége. A mozgás kinematikai leírása csak ezen adatok (ún. kezdeti feltételek) ismeretében lehetséges. Fontos megjegyezni a kinematikai egyenletekkel kapcsolatban, hogy az első egyenlet v–t síkon ábrázolva egy egyenest ad meg, melynek a meredeksége az a gyorsulás, tengelymetszete pedig a v_0 kezdeti sebesség. A második kinematikai egyenletet x–t síkon ábrázolva egy függőleges tengelyű parabolát kapunk. Ha $a > 0$ a parabola fölülről, ha $a < 0$ alulról nyitott.

Az egyenletes körmozgás a síkmozgások speciális esete. Egyenletes körmozgás során egy anyagi pont egyenlő idők alatt, egyenlő ívhosszakat fut be. A test helyzetét φ-vel az ún. *szögkoordinátával* jellemezhetjük. φ csak akkor adja meg egyértelműen a test helyzetét, ha ismerjük az anyagi pont távolságát a forgástengelytől.

Az átlagos (skaláris) szögsebesség számértékileg egyenlő a szögkoordináta egységnyi idő alatti megváltozásával:

$$\langle\omega\rangle = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{\varphi(t_2) - \varphi(t_1)}{t_2 - t_1} = \frac{\varphi(t + \Delta\, t) - \varphi(t)}{\Delta\, t}.$$

A szögsebesség mértékegysége $\mathrm{rad}/\mathrm{sec}$. A pillanatnyi szögsebesség a φ idő szerinti differenciál hányadosaként értelmezzük:

$$\omega(t) = \lim_{\Delta\, t \to 0} \left(\frac{\varphi(t + \Delta\, t) - \varphi(t)}{\Delta t} \right) = \frac{d\,\varphi(t)}{d\,t} = \dot{\varphi}\,.$$

Az átlagos (skaláris) szöggyorsulás számértékileg a szögsebesség egységnyi idő alatt bekövetkező megváltozásával egyenlő:

$$\langle\beta\rangle = \frac{\Delta\,\omega}{\Delta t} = \frac{\omega(t_2) - \omega(t_1)}{t_2 - t_1} = \frac{\omega(t + \Delta\, t) - \omega(t)}{\Delta\, t}.$$

A szöggyorsulás mértékegysége $\mathrm{rad}/\mathrm{sec}^2$.

$$\beta(t) = \lim_{\Delta\, t \to 0} \left(\frac{\omega(t + \Delta\, t) - \omega(t)}{\Delta t} \right) = \frac{d\,\omega(t)}{d\,t} = \dot{\omega} = \ddot{\varphi}.$$

Fontos megjegyezni, hogy egyenletes körmozgásnál a szöggyorsulás nulla!