

# 1. Mozgások, vonatkoztatási rendszerek

„Mi, mi, mi, mi, mi, mi, mi?  
Mi, mi, mi, mi, mi, mi, mi?  
Mi mozog a zöld leveles csipkebokorban?”

A mozgás az anyag alapvető tulajdonsága. Anyag (tömeg) nem képzelhető el mozgás nélkül, és fordítva.

A mozgások jelenségeivel foglalkozik a fizika egyik ága a **mechanika**, amely két fő részre tagozódik: **kinematika**: a mozgások leírásával foglalkozik, és a **dinamika**, amely a különböző típusú mozgások megvalósulásához szükséges feltételeket vizsgálja. A miéltre keresi a választ.

## 1.1 Mikor mondjuk egy testre, hogy mozog?

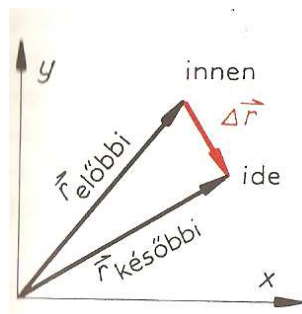
### 1.2 Dönts el, hogy kinek van igaza! Válaszod indokold!

Ketten utaznak a villamoson egymás mellett ülve. Az egyik utas azt állítja, hogy nem mozognak, a másik azt, hogy igen.

A mozgás, azaz a helyváltozás minden esetben csak valamihez viszonyítva értelmezhető. Meg kell határoznunk, hogy mihez viszonyítva adjuk meg a testek helyét, helyváltozását. Azt a rendszert, amiben a mozgást leírjuk **vonatkoztatási rendszernek** nevezzük. A mozgáshoz mindig szükség van időre, éppen ezért a mozgásokat aszerint fogjuk csoportosítani, hogy a helyváltozás időben hogyan történik. Előtte azonban egy-két alapfogalom megismerésére szükség van.

### 1.3 Gondolatban mindenki válasszon ki egy a teremben lévő tárgyat, és ennek adja meg a helyét!

Egy olyan test helyét, melynek kiterjedésétől eltekintünk, azaz **tömegpontnak** tekintjük, egyértelműen megadhatjuk a vonatkoztatási rendszer origójából a testhez húzott irányított szakasszal, vektorral. Tehát, ha ez a vektor változik az időben, akkor beszélünk mozgásról. A helyvektor megváltozása,  $\Delta\vec{r}$ , külön nevet is kapott, röviden elmozdulásnak nevezzük. A  $\Delta$  (delta) változást jelent, mindig a későbbi időpillanathoz tartozó értékből, vektorból kell kivonni a korábbi időpillanathoz tartozó értéket, vektort.



### 1.4 Mennyit változott az anyagi helyzeted, ha hó elején 2000 Ft-od, hó végén 2000 Ft tartozásod volt?

Egy tömegpont mozgását akkor tudjuk időben nyomon követni, ha mozgásáról nyomképet készítünk. A nyomkép nem más, mint a test helyének egyenlő időközönként történő megjelölése az adott vonatkoztatási rendszerben.

**1.5 Rajzoljátok le a körmozgás, az egyenes mentén történő mozgás, az egyenes mentén történő mozgás, de visszafordulás történik és a görbe vonalú mozgás nyomképét! Mindegyikhez rendeljétek egy-egy koordináta rendszert, és rajzoljátok be a kezdő pillanathoz tartozó helyvektorokat, a későbbi időpillanathoz tartozó helyvektorokat valamint az elmozdulás vektorokat!**

Elég rövid időközönként felvett nyomképből kirajzolódó vonal a mozgás **pályáját** adja, melynek egy szakaszát nevezzük **útnak**.

**1.6 Melyik mozgás esetében egyezik meg az út és az elmozdulás nagysága?**

Pontosan azért, hogy a továbbiakban ne kelljen a vektor jelleget figyelembe venni egyenes vonalú mozgásokkal fogunk foglalkozni, ilyenkor ugyanis az elmozdulás vektor nagysága egyenlő a megtett úttal,  $|\Delta\vec{r}| = \Delta s$ .

Tehát a mozgások csoportosításának egyik lehetséges szempontja a pálya alakja.

- **egyenes vonalú** mozgások, ahol a mozgás egyenes vonal mentén történik.
- Ha a mozgás nem egyenes, hanem valamilyen görbe mentén történik, akkor beszélünk **görbe vonal mentén történő** mozgásról. Ennek a mozgásnak speciális esetei a körmozgás, vízszintes vagy ferde hajítás.

A mozgások leírásához szükségünk van az idő, mint alap fizikai mennyiség ismeretére is.

Jele: **t**, mértékegysége a másodperc, melyet **s**-sel jelöljük.

**1.7 Készítsetek füzetek utolsó oldalára egy nagy táblázatot melybe a fizikai mennyiségeket, jelüket, mértékegységüket, ezek jeleit illetve a definíciókat fogjuk feljegyezni!**

<i>Fizikai mennyiség neve</i>	<i>fizikai mennyiség jele</i>	<i>A fizikai mennyiség mértékegysége</i>	<i>A mértékegység jele</i>	<i>Definíció</i>
idő	t	másodperc	s	-
hosszúság	s,l, h	méter	m	-

Ha egy adott mozgást le akarunk írni, akkor olyan mennyiségeket keresünk, vezetünk be, melyek a mozgás során nem változnak, azaz időben állandóak. Ha például egyik kupactársadat jellemezni, leírni akarod, akkor a szeme, haja színét, testmagasságát, test tömegét adod meg, mivel ezek hosszú időn keresztül állandóak, rá jellemzőek.

Kezdjük a legegyszerűbbel az egyenes vonalú, egyenletes mozgással!

Ilyen mozgásról akkor beszélünk, ha a mozgást végző tömegpont pályája egyenes vagy szakasz, és egyenlő időtartamok alatt egyenlő mértékben mozdul el. Nyomképe egy egyenes pontjai, melyek ugyanakkorra távolságra vannak egymástól. Ez számunkra azt jelenti, hogy a mozgást végző tömegpont elmozdulása (általa befutott út) időegységenként mindig ugyanannyival változik. Azaz a két mennyiség között egyenes arányosság áll fenn, tehát hányadosuk állandó. Találtunk egy olyan mennyiséget, mely ezt a típusú mozgást teljes mértékben leírja. Éppen ezért célszerű neki külön nevet adni, sebesség. A sebesség a helyváltozási gyorsasága. Számértéke megmutatja, hogy egységnyi idő alatt mennyit mozdul el a tömegpont. Amelyik testnek nagyobb a sebessége az gyorsabban változtatja a helyét, egységnyi idő alatt többet mozdul el. Ha a mozgás egyenes vonalú, akkor azt is kijelenthetjük, hogy nagyobb utat tesz meg.

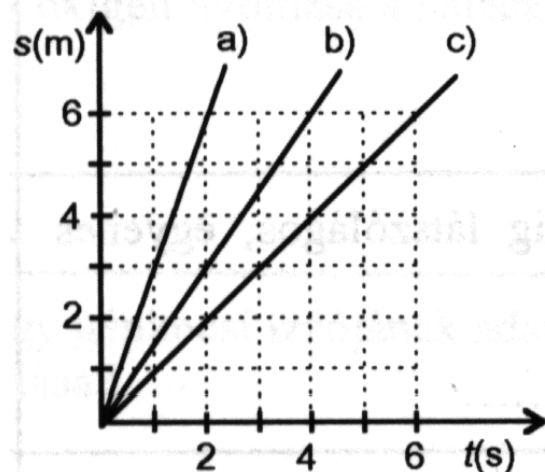
## Sebesség

- definíciója: a helyváltozási gyorsasága.
- Számértéke megmutatja, hogy egységnyi idő alatt mennyit mozdul el a tömegpont.
- jele:  $v$
- mértékegysége: m/s vagy km/h
- vektormennyiség, iránya és nagysága egyaránt van.

- egyenes vonalú mozgás esetén tudjuk, hogy  $|\Delta\vec{r}| = \Delta s$ , ezért  $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ , amennyiben az

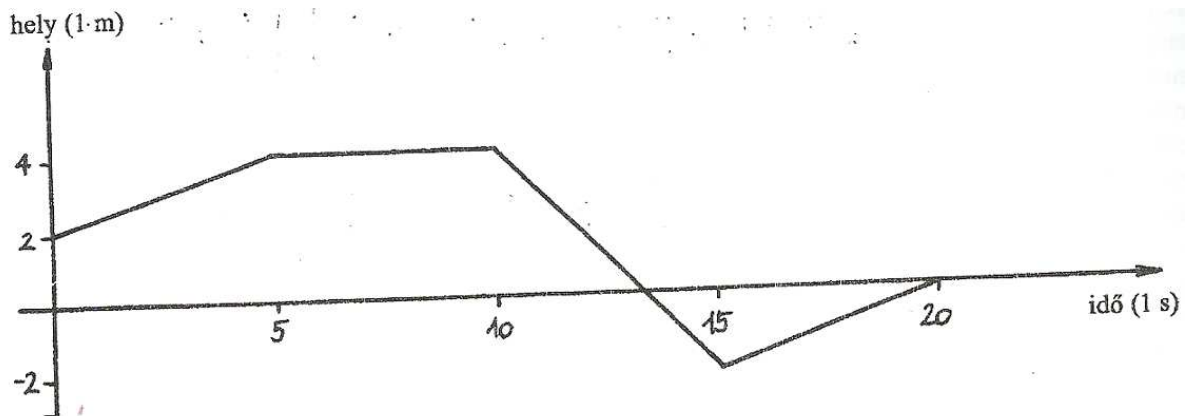
origóból indul, és vizsgálat kezdetén indítom az órát, akkor  $v = \frac{s-0}{t-0} = \frac{s}{t}$

**1.8 Kis hajlásszögű lejtőn mozgó kiskocsi út-idő grafikonjának felvétele két különböző beállítás esetén. A mérésekről készíts jegyzőkönyvet! Az eredményeket foglald táblázatba, majd az összetartozó értékpárokat ábrázold koordináta-rendszerben! Miből látod, hogy egyenletes mozgást végez a kiskocsi?**

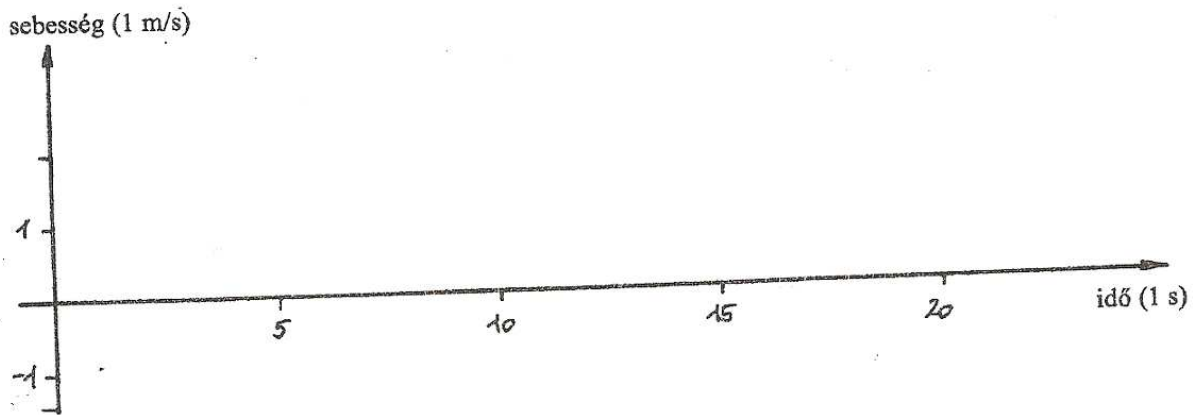


Az a, mozgást ábrázoló grafikon nagyobb szögben emelkedik, azaz gyorsabb. Egységnyi idő alatt nagyobb az elmozdulása, nagyobb utat tesz meg, nagyobb a sebessége. Tehát a sebesség lehetőséget ad a mozgás gyorsaságának összehasonlítására.

**1.9 Az alábbi grafikon alapján készítsük el a sebesség idő grafikont!**



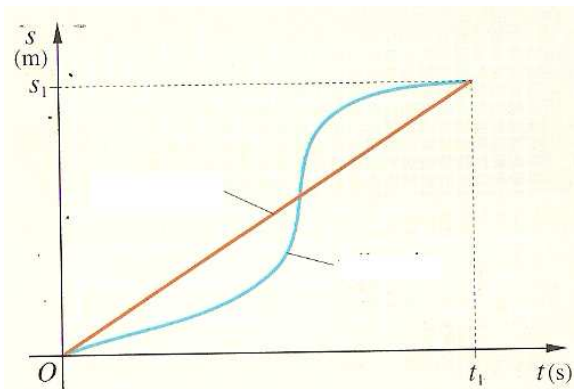
### 1.10 Számoljuk ki a megtett út nagyságát! Minek feleltethetjük meg az utat!



Látható, hogy a sebesség-idő grafikon alatti terület számértékileg egyenlő a test által megtett úttal. Ez természetesen nem azt jelenti, hogy a terület egyenlő az úttal, csak azt, hogy ennek feleltethető meg.

A természetben lezajló mozgások többsége nem egyenletes mozgás, azaz a test sebessége nem állandó. Ezeket a mozgásokat nehezebb leírni, mint az egyenletes mozgásokat, de célként tűzzük ki, hogy a bevezetett sebesség fogalmát változó mozgások jellemzésére is alkalmassá tegyük.

### 1.11 Melyik görbe feleltethető meg egyenletes, és melyik változó mozgásnak?



A változó mozgásokat az **átlagsebesség** segítségével tudjuk jellemezni. Átlagsebességen azt a sebességet értjük, amellyel a test egyenletesen mozogva ugyanazt az utat ugyanannyi idő alatt tenné meg, mint változó mozgással. Ebből a megfogalmazásból egyértelműen következik az átlagsebesség kiszámításának módja:

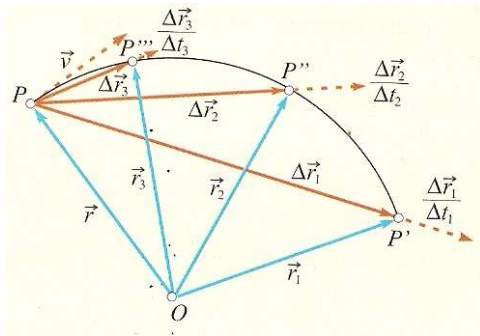
$$\text{átlagsebesség} = \frac{\text{összesmegtettút}}{\text{kzbenelteltösszesidő}}$$
$$v_{\text{átlag}} = \frac{\sum s}{\sum t} = \frac{\Delta s_{\bar{t}}}{\Delta t_{\bar{t}}}$$

Az átlagsebességnek hátránya, hogy nem ad felvilágosítást, információt arról, hogy a test a mozgás során mikor hol volt, hogyan mozgott és melyik pillanatban mekkora volt a sebessége. Így szükség van a **pillanatnyi sebesség** fogalmának bevezetésére is. Pillanatnyi sebességen azt a sebességet értjük, amellyel a test egyenletesen tovább mozogna, ha az adott pillanatban megszűnnének a sebességváltozást okozó hatások.

Egyenes vonalú mozgásoknál nem kellett foglalkoznunk az elmozdulás vektor jellegével, és ezért a sebesség, az átlagsebesség, pillanatnyi sebesség vektor jellegével sem. Azt viszont könnyű belátni, hogy a bármelyik sebesség vektor az elmozdulás vektor irányába mutat.

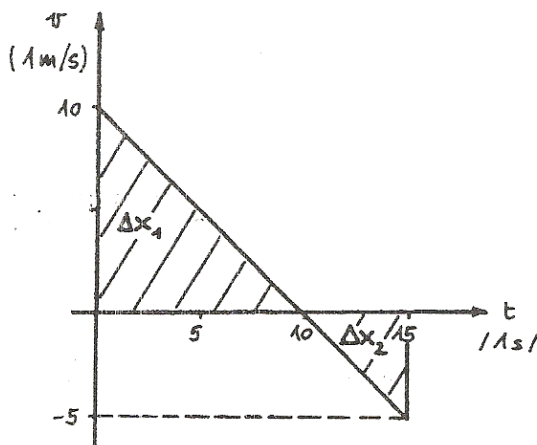
$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

**1.12 A test pályájának adott pontjában merre mutat a pillanatnyi sebesség vektor?**



Nem egyenletes mozgás esetében a sebesség-idő grafikon görbéje az idő tengely alatt és felett egyaránt lehet. A test által megtett utat a görbe alatti területek összegeként számolhatjuk ki. Az elmozdulás kiszámításánál viszont figyelembe kell venni az előjeleket is.

**1.13 Számítsuk ki a test által megtett út nagyságát, valamint a test elmozdulását a grafikon segítségével!**



**1.14 Kapcsolódó számítási feladatok.**

1. Milyen messzire jut el a levegőben a hang 5s alatt, ha a terjedési sebessége 340 m/s?
2. Egy motoros 4 km utat 160s alatt tett meg. Mennyi volt a sebessége?
3. Mennyi utat tesz meg egy autó 10 perc alatt, ha sebessége 25 m/s?
4. Mennyi idő alatt ér Budapestről Debrecenbe egy autó, ha egyenletes mozgást tételezünk fel, és sebessége 80 km/h? Budapest-Debrecen távolság 260 km.
5. Egy gépkocsi sebessége 10 percig 20 m/s, azután 15 percig 36 km/h,
  - a, Mennyi az összes megtett út?
  - b, Mennyi az átlagsebessége?
  - c, Rajzoljuk meg a sebesség-idő grafikon!
  - d, Rajzoljuk meg az út-idő grafikon!
6. Egy teherautó először 3 órán át 80 km/h, azután 2 órán át 50 km/h sebességgel halad:
  - a, Mekkora volt az átlagsebessége?
  - b, Hol van a teherautó az indulás után 4 órával? Mekkora eddig az átlagsebessége?
  - c, Mikor van az autó az indulás helyétől 310 km távolságban?
  - d, Rajzoljuk meg a sebesség-idő és az út-idő grafikon!

## 2. A mozgás változása

„De bőrünk alól kisiüt lobogva  
Már vérünk, e bús, mindeddig lomha.  
Csönd van, mintha nem is rezzennénk  
S rohanunk a forradalomba.”

Ha egy addig egyenletesen mozgó test sebessége megváltozik, és erre a mindennapi életből számtalan példa hozható, akkor annak nemcsak oka, hanem érezhető eredménye is van. pl. belelép a fékbe a buszvezető, futballmeccsen beleszalad egymásba két játékos, egyszer csak megáll a mozgólépcső stb. De nyugvó helyzetből elinduló mozgásra is akad elég példa. A legerősebben gyorsulók közül vegyük a példákat, pl. elsütünk egy puskát, a lövedék kirepül, vagy gondolhatunk a kilövések utáni pillanatokban az űrhajósok torzuló arckifejezésére. Vizsgáljuk meg ezeket a mozgásokat most részletesebben!

A mozgás pontos matematikai leírása először Galileinek sikerült. Nevéhez fűződnek az első lejtős és ejtési kísérletek, illetve mérések. Az egyenes vonalú egyenletesen gyorsuló mozgást egy lejtőn leguruló golyó segítségével fogjuk vizsgálni. Minél meredekebb a lejtő, a golyó annál jobban gyorsul. A mozgás szélsőséges változata, amikor a lejtő teljesen függőleges, ekkor a golyó szabadon esik. Ezért ezen az órán feladatunk lesz a szabadesés vizsgálata is.

A lejtőn leguruló golyó egyenlő időtartamok alatt egyre hosszabb utat tesz meg. Ez azt jelenti, hogy pillanatnyi sebessége pillanatról pillanatra változik. Igazolható – meg is fogjuk tenni –, hogy a változatlan feltételek között gyorsuló testek sebessége egyenlő időtartamok alatt ugyanannyival változik. Ebben az esetben tehát nem a hely változik egyenletesen, hanem a sebesség, azaz az eltelt idő és a sebesség változása között áll fenn egyenes arányosság. Tehát

a  $\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$  mennyiség állandó a mozgás során. Az így definiált mennyiség lesz alkalmas a mozgás jellemzésére, leírására. Ennek a mennyiségnek a gyorsulás nevet adták. Számértéke arról tájékoztat, hogy a mozgó test sebessége egységnyi idő alatt mennyivel változik meg. Annak a testnek változik abszolút értékben többet a sebessége 1 másodperc alatt, amelyeknek nagyobb a gyorsulása.

### Gyorsulás

- definíciója: a sebesség változási gyorsasága.
- Számértéke megmutatja, hogy egységnyi idő alatt mennyit változik a tömegpont sebessége.

- jele:  $a$

- mértékegysége:  $m/s^2$

- vektormennyiség, iránya és nagysága egyaránt van, a sebesség változás irányába mutat.

Azt a mozgást, amikor egy egyenes vonalú pályán haladó tömegpont pillanatnyi sebessége az időben egyenletesen változik, egyenes vonalú egyenletesen változó mozgásnak nevezzük.

Minden olyan mozgást, amelynél a gyorsulásvektor nem nulla, a sebességvektornak akár a nagysága, akár az iránya változik - akár mindkettő - gyorsuló, változó mozgásnak nevezzük.

Pillanatnyi sebesség meghatározása egyenletesen változó mozgás esetében:

$$\frac{|\Delta \vec{v}|}{\Delta t} = |\vec{a}| \Rightarrow \frac{v - v_0}{t - t_0}, \text{ a mozgás vizsgálatakor indítom el az órát } t_0 = 0$$

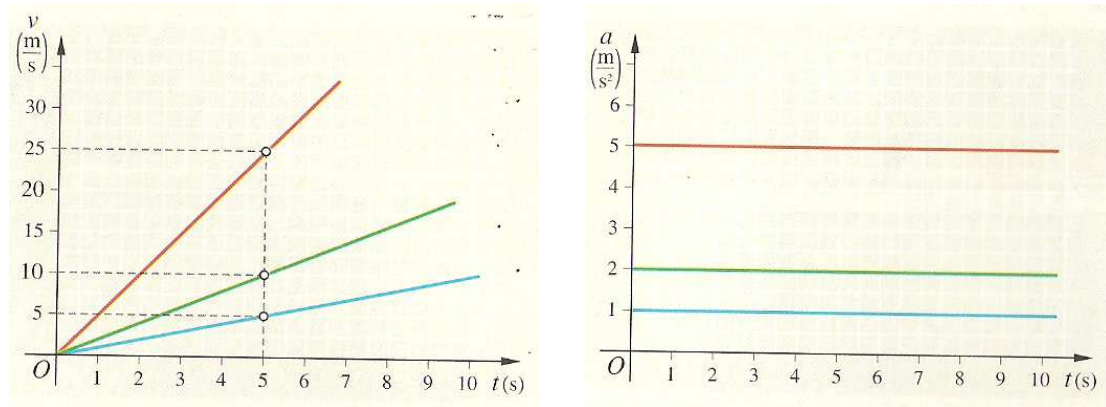
$$a = \frac{v - v_0}{t}$$

$$a \cdot t = v - v_0$$

$$v_0 + a \cdot t = v$$

Amennyiben nincs a testnek kezdősebessége, azaz álló helyzetből indul, akkor  $v_0 = 0$ , és így egyenletünk egyszerűsödik:  $v = a \cdot t$  alakra.

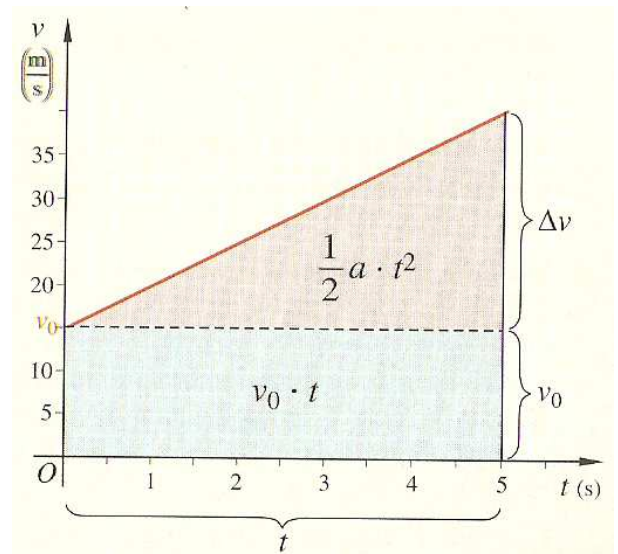
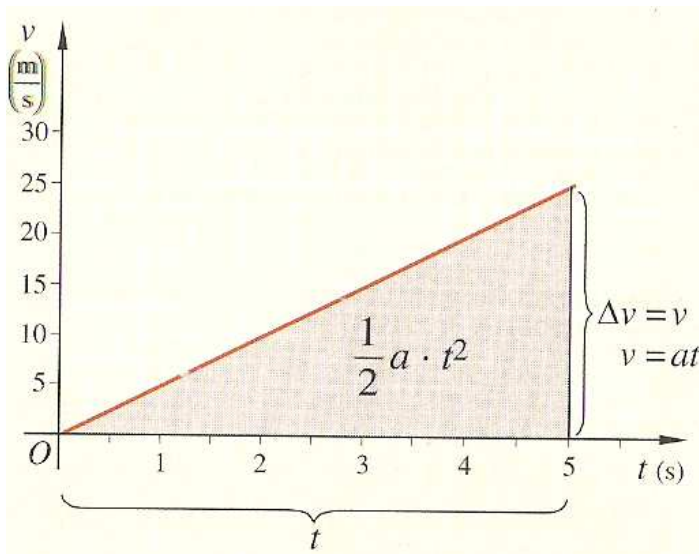
Az egyenletesen változó mozgást sebesség-idő, valamint gyorsulás-idő grafikonjai a következők:



Egyenletes mozgásnál megállapítottuk, hogy a sebesség-idő grafikon görbe alatti területének mérőszáma feleltethető meg a tömegpont által megtett út mérőszámának. Ez a terület egy háromszög terület, amennyiben nincs kezdősebesség, illetve egy trapéz területe amennyiben a testnek van kezdősebessége.

$$s = \frac{\text{alap} \cdot \text{magasság}}{2} = \frac{v \cdot t}{2} = \frac{a \cdot t \cdot t}{2} = \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

$$s = T_{\text{háromszög}} + T_{\text{téglalap}} = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

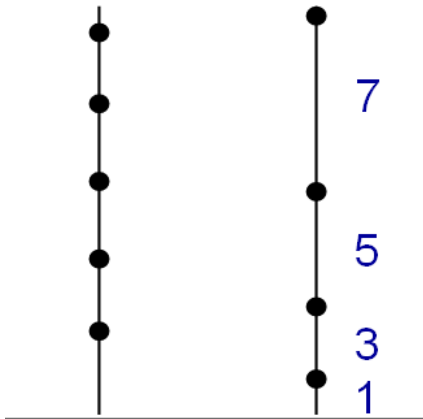


Az egyenletes gyorsulással, adott kezdősebességgel, adott táv megtételéhez szükséges időt kiszámítani már nem olyan egyszerű, érteni kell hozzá a másodfokú függvények lelkivilágát, ezért ezzel nem is terhelünk titeket. Ugyanígy nem vezetjük le azt, hogy adott gyorsulással adott út megtételekor mekkora a végsebesség. A kíváncsiaknak azonban az ehhez szükséges képletet ideírjuk:  $v = \sqrt{v_0^2 + 2as}$

**2.1 Bizonyítsuk be, hogy nagy hajlásszögű lejtőn elengedett test egyenletesen változó mozgást végez, azaz gyorsulása állandó, valamint hogy az ilyen típusú mozgások esetében a megtett út és az eltelt idő között négyzetes kapcsolat van!**

Mérd meg, hogy a lejtőn elengedett golyó adott utat mennyi idő alatt tesz meg. Legalább három különbözőúthoz tartozó időt mérd! A mérésről készíts jegyzőkönyvet! Az eredményeket foglalld táblázatba, majd ábrázold a megtett utat az idő függvényében!

**2.2 Zsinórra a rajz alapján köss golyókat! Utána ejtsd el és figyeld meg a koppanások között eltelt időtartamokat!**



A golyók távolságából látható, hogy az első esetben ugyanolyan távolságra vannak felkötve a golyók, azaz ha egyenletes mozgást végeznek, akkor azonos időközönként kell a koppanásokat hallani. A második esetben a távolságok, a számok négyzeteivel arányosak. Amennyiben itt halljuk azonos időközönként a koppanásokat, akkor egyenletesen változó mozgás történik, a gyorsulás állandó. A testek olyan esését, amely során csak a gravitáció hatása érvényesül, minden más a mozgást befolyásoló hatás elhanyagolható -, szabadesésnek nevezzük. A szabadesés egyenletesen változó mozgás. Mivel légüres térben minden test egyformán esik, azonos magasságból azonos idő alatt ér földet, ezért a Föld által okozott gyorsulásnak minden testre nézve azonosnak kell lennie. Külön nevet is kapott a szabadesés gyorsulása, ezt hívjuk nehézségi gyorsulásnak (jele:  $g$ ). Ha nagy légellenállás-különbségű tárgyakat vizsgálunk, azoknál már jelentős eltérések jelentkezhetnek. Pontos, hivatalos mérések alapján megállapították, hogy Magyarországon a nehézségi gyorsulás mértéke  $9,81 \text{ m/s}^2$ . A sarkokon ugyanez  $9,84$ , az Egyenlítőn  $9,78$ .

### 2.3. A nehézségi gyorsulás kimérése

Bürettából csepegtessetek vizet az alatta mintegy  $1,5 \text{ m}$ -rel alacsonyabban lévő edénybe. Úgy csepegtessétek a vizet, hogy mindegyik csepp akkor kezdjen esni, amikor az előző éppen belecsapódik az alul lévő edénybe. 10 vízcsepp esésének együttes idejét mérjétek. Mérjétek le a vízcseppek által befutott utat, és a  $g = \frac{2s}{t^2}$  képlet segítségével határozzátok meg  $g$ -t!

### 2.4 Számítási feladatok

1. Egy álló helyzetből induló teherautó 10 másodperc alatt éri el a  $8 \text{ m/s}$  sebességet. Mennyi a gyorsulása?
2. Mennyi ideig mozgott a lejtőn az a nyugalomból induló  $3 \text{ m/s}^2$  gyorsulással mozgó golyó, amelyik a lejtő aljára  $6 \text{ m/s}$  sebességgel érkezett? Mekkora utat tett meg?
3. Mennyi ideig fékezett az az autó, amelyiknek sebessége  $-0,5 \text{ m/s}^2$  gyorsulással csökkent  $72 \text{ km/h}$ -ról  $54 \text{ km/h}$ -ra?



4. *Egy álló helyzetből induló autó 10 másodperc alatt 144 km/h sebességre gyorsul fel. Mekkora utat tesz meg eközben?*
5. *Egy golyó 3 másodpercig esik szabadon. Mekkora sebességgel érkezik a földre? Milyen magasról esett ki?*
6. *Milyen magasról esett le az a körte, amelyik 5 m/s sebességgel érkezik a földre?*

### 3. Görbe vonalú mozgások

Eddigiekben csak érintettük a több dimenziós, görbe vonalú mozgásokat. Az egyszerűség kedvéért az egyenes mentén történő mozgásokkal foglalkoztunk, így a vizsgált test helyvektorának csak egyik komponense változott, és elég volt erre a komponensre fordítani a figyelmünket. A hétköznapi életben lezajló mozgások többsége síkban, illetve térben történik. Ennek a mozgásnak speciális esetei a körmozgás, vízszintes vagy ferde hajítás.

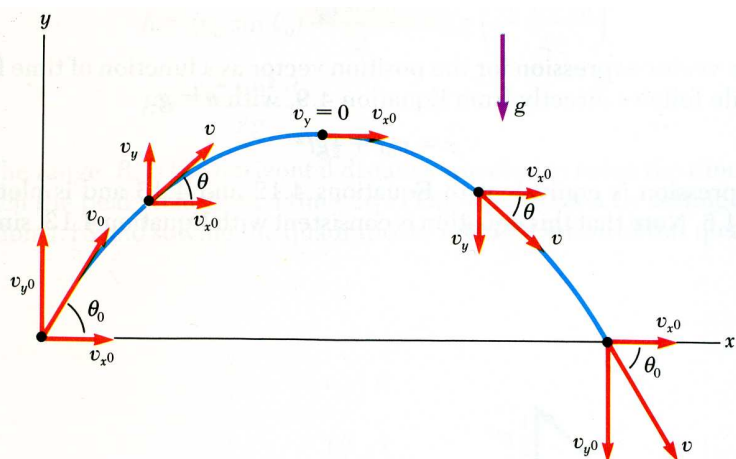
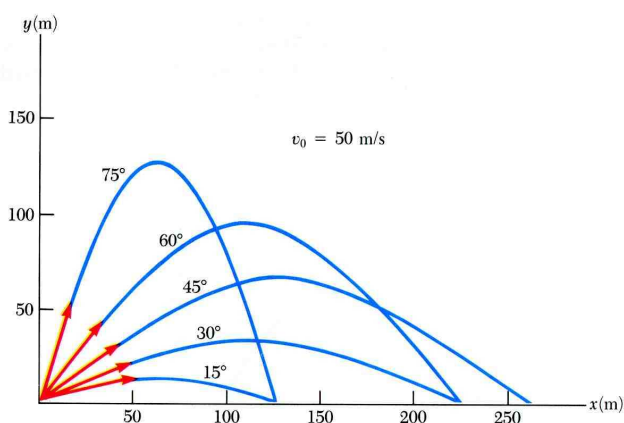
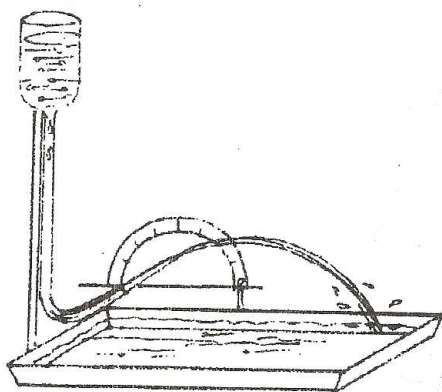
**3.1 Add meg a koordináta rendszerben megadott pontok koordinátáit a kezdeti, illetve a későbbi időpillanatban! Helyvektorának melyik komponense változott? Milyen komponensű sebességgel kellett rendelkeznie?**

**3.2 A folyó sebessége 4 m/s. Te 3 m/s sebességgel úszol a folyó sodrására merőlegesen. Mekkora a Földhöz viszonyított sebességed, és hol fogsz partot érni, ha 3 m széles a folyó. A vonatkoztatási rendszer origóját a kiindulási helyedhez rögzítjük.**

A fenti feladatok tapasztalata, hogy egy anyagi pont legáltalánosabb, térbeli mozgása felbontható három, egyenes vonalú mozgásra. Vagyis az anyagi pont mozgását leírhatjuk úgy, hogy külön-külön nézzük a koordináta tengelyekre való vetületének mozgását. Ezt úgy is nevezik, hogy **a mozgások függetlenségének elve**. Egy test például végezhet állandó sebességű, egyenes vonalú egyenletes mozgást az egyik irányban és változó mozgást a másik irányban.

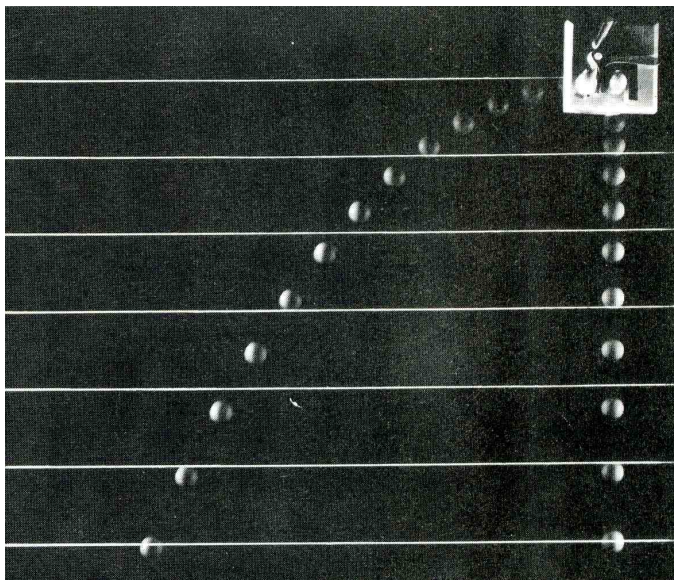
#### 3.3 Különböző hajítások szemléltetése

A gumicsőből kiáramló víz segítségével jól modellezhetjük a különböző hajításokat. A cső állásával meg tudjuk határozni a hajítás szögét, a víz nyomása pedig a hajítás kezdősebességét határozza meg. Mivel a víznyomás állandó a kezdősebesség minden időpillanatban ugyanakkora. Rajzoljuk le a pályák alakjait! Szögmérő segítségével határozzuk meg azt a szöget, amely esetében a legmesszebbre jut a vízszugár!



A vízszintes illetve a ferde hajítás esetében már nem beszélhetünk egyenes mentén történő mozgásról, hiszen a mozgást végző testnek mind az  $x$ , mind az  $y$  koordinátája változik. Vagyis mindkét irányba kell, hogy rendelkezzen sebességgel. Amennyiben a közegellenállástól eltekintünk, akkor a kezdősebesség  $x$  komponense nem fog változni, hiszen nincs, ami ezt kikényszerítse. Tehát  $x$  irányba egyenes vonalú egyenletes mozgást fog végezni,  $y$  irányba viszont a Föld egy állandó lefelé mutató gyorsulást okoz a testnek, azaz ebbe az irányba egyenletesen változó mozgást fog végezni a test. Mindenkori helyzetét pedig e két mozgás eredője, összege fogja meghatározni. Tehát helyzetét a következő két egyenlet segítségével tudjuk bármely pillanatban megadni, ha a kezdő sebességnek csak  $x$  irányú komponense van.

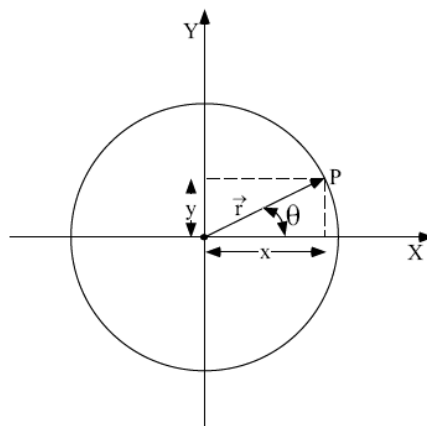
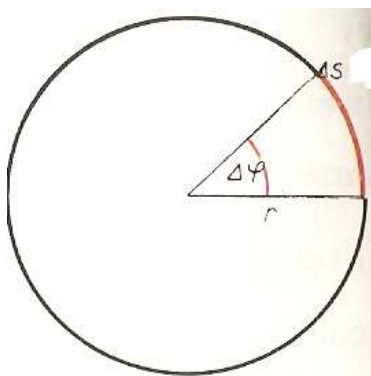
$$x = v_0 t \text{ és } y = \frac{1}{2} g t^2$$



A stroboszkópos felvételből látható, hogy a két test ugyanannyi idő alatt ér földet, hiszen ugyanakkora távolságot kell befutnia, ugyanakkora gyorsulás ( $g$ ) hatására. E mögött mozgások függetlenségének elve húzódik meg.

Egyenletes körmozgás kinematikai leírása.

Körmozgásról akkor beszélünk, ha a tömegpont körpályán mozog. E mozgás leírásához másfajta mennyiségek bevezetése szükséges, mint azt haladó mozgásoknál tettük. Az anyagi pont helyét a sugárvektor - a kör középpontjától a tömegponthoz mutató vektor- forgásszögével célszerű megadni.



Akkor beszélünk egyenletes körmozgásról, ha az anyagi pont azonos idők alatt azonos nagyságú köríveket fut be, azaz azonos szöggel fordul el. Ebből következik, hogy mind a szögelfordulás és a hozzátartozó idő között, mind pedig a befutott körív és a hozzátartozó idő között egyenes arányosság áll fenn.

$$\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \text{áll} \quad \text{és} \quad \frac{\Delta s}{\Delta t} = \text{áll}$$

Látható, hogy az utóbbi kifejezés sebesség jellegű mennyiség, hiszen út/idő, éppen ezért kapta a kerületi sebesség nevet. Az is mindenki számára egyértelmű – gondoljatok a síkfutásra -, hogy ennek nagysága függ attól, hogy mekkora sugarú körpályán mozog a test. Minél nagyobb  $r$ , annál nagyobb kerületi sebességre van szükség ugyanakkora szögelforduláshoz. Az első kifejezés pedig a szögelfordulás gyorsaságáról tájékoztat bennünket, így szögsebességnek nevezték el.

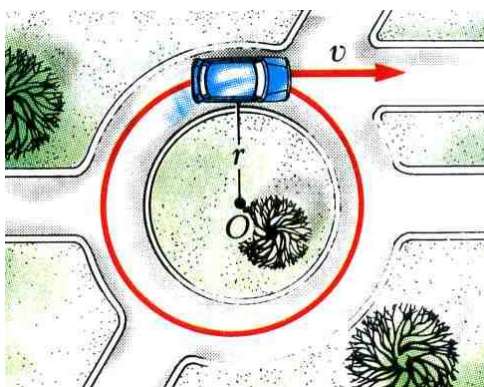
### Szögsebesség

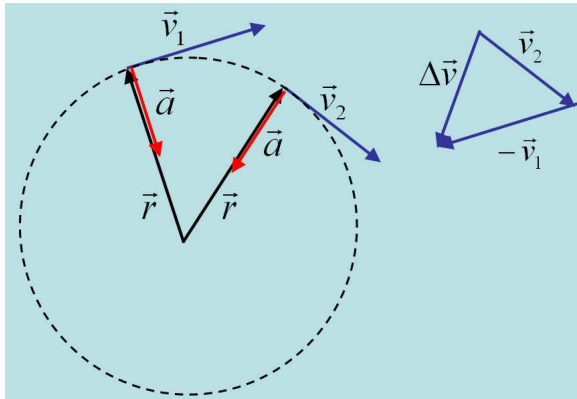
- definíciója: a szögelfordulás, forgásszög változási gyorsasága
- Számértéke megmutatja, hogy egységnyi idő alatt a tömegpont mekkora szöggel fordul el.
- jele:  $\omega$  (kis omega)
- mértékegysége:  $1/s = Hz$
- előjelet rendelünk hozzá, attól függően, hogy az óramutató járásával megegyező, vagy azzal ellentétes irányba mozog a test.

Az egyenletes körmozgást periodikus mozgásnak is tekinthetjük, hiszen a test egy teljes kört mindig változatlan sebességgel, ugyanannyi idő alatt jár be. Az egy periódus megtételéhez szükséges időt **periódusidőnek** nevezzük. Jele:  $T$ . Ennek reciprokját pedig **fordulatszám**nak. A fordulatszám megmutatja, hogy egységnyi idő alatt, azaz  $1 s$  alatt, hány teljes kört tesz meg a test. Jele:  $n$  vagy  $f$ .

Tehát egyenletes körmozgást végző test szögsebessége, és kerületi sebessége állandó. De utóbbinak csak a nagysága, iránya pillanatról pillanatra változik. A korábbi órákon megtanultuk, hogy a pillanatnyi sebesség mindig a pálya adott pontjába húzott érintő irányába mutat, így van egyenletes körmozgásnál is.

### 3.4 Milyen irányba repülsz, ha kerékpározás közben nem tudod bevenni az előtted álló kanyart?

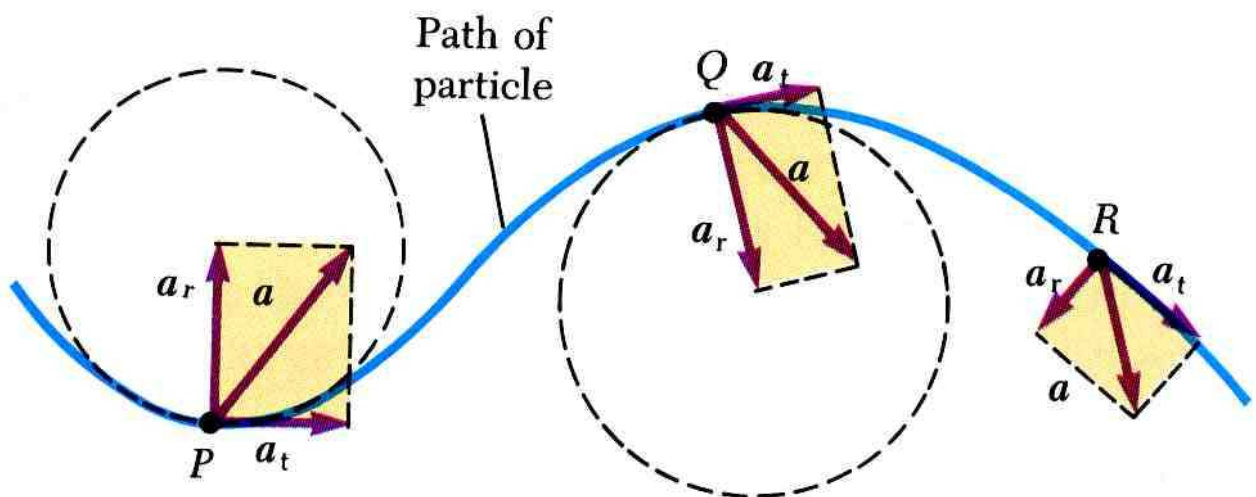




Látható, hogy a vektor nagysága nem változik, az irány változásának köszönhetően viszont mégis csak van sebességváltozás, ha pedig van sebességváltozás, akkor kell, hogy legyen a testnek gyorsulása. Ezt a gyorsulást nevezzük centripetális gyorsulásnak. Nevét onnan kapta, hogy minden pillanatban a kör középpontja felé mutat, azaz minden pillanatban merőleges a pillanatnyi sebességvektorra.

$$a = \frac{|\Delta \vec{v}|}{\Delta t} = \frac{v^2}{r}$$

Remélhetőleg mindenki számára látható, hogy a sebesség nagyságát olyan gyorsulás tudja megváltoztatni, amelynek iránya mindenpillanatban párhuzamos az elmozdulással, sebességgel, irányát pedig olyan gyorsulás, amely merőleges.



Görbe vonalú mozgás esetén a gyorsulást felbonthatjuk két egymásra merőleges komponensre, a tangenciális (pályamenti) gyorsulásra és középpont felé mutató radiális (centripetális) gyorsulásra. Látható, hogy a tömegpont gyorsulását egyfelől a sebesség nagyságának megváltozása, másfelől a pálya görbültsége eredményezheti.

Egyenes vonalú mozgásoknál: a gyorsulásnak csak tangenciális komponense van.

Egyenletes körmozgásnál ( $v = \text{áll.}$ ) pedig csak radiális komponense.

Tanult mozgások összefoglalása:

Leírásukhoz szükséges fizikai mennyiségek	Mozgások		
	egyenes vonalú		egyenletes körmozgás
	egyenletes	egyenletesen változó	
megtett út	s	s	s = ívhossz
sebesség $\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$	A sebesség iránya és nagysága állandó	A sebességnek csak a nagysága változik, iránya állandó	A kerületi sebességnek a nagysága állandó, de iránya pillanatról pillanatra változik.
szögsebesség $\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$	nincs	nincs	állandó
gyorsulás $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$	nincs	Van iránya megegyezik a sebesség és az elmozdulás irányával	Van iránya minden pillanatban a kör középpontja felé mutat, merőleges a sebességre.

## 4. Lendület és az erő

„Nagyon ügyes voltam az erősségemben.”

Nádori Jakab

Miután elég sokat beszéltünk a mozgások leírásáról, érdemes lenne azzal is foglalkoznunk, hogy mi hozza létre a mozgásokat. A mozgások okát taglalja a dinamika tudománya. Galileo Galilei (1564-1642) olasz természettudós vizsgálta először azt a kérdést, hogy „mi okozza egy test mozgásállapotának változását?”

### 4.1 Válaszolj az alábbi kérdésekre!

- Mitől áll meg az elgurított golyó?
- Miért leng a zászló?
- Miért esik le az elengedett test?

### 4.2 Hasonlítsd össze, hogyan gurul a golyó üveglapon, szőnyegen, homokon?

A testek sebességének változását mindig más test/testek hatása okozza. Ez a **tehetetlenség törvénye**, más néven **Newton I. törvénye**.

**4.3 Kanyarodó autó kalaptartóján elhelyezett bólogató kiskutya kellő sebesség esetén elmozdul, sebessége megváltozik. A vonat hirtelen fékezése esetén a padlóra helyezett bőrönd eldőlhethet, azaz sebessége megváltozik. Milyen test okozza ezekben az esetekben a sebességváltozást?**

Azt látjuk, hogy Newton I. törvénye nem minden vonatkoztatási rendszerben érvényesül, hiszen csomagunk továbbra is csak a Földdel és a vonattal érintkezett, mégis megváltozott a mozgásállapota. Azokat a vonatkoztatási rendszereket melyekben igaz a tehetetlenség törvénye **inerciarendszereknek** nevezzük. Tehát, ha a testek mozgását vizsgálva olyan sebességváltozásra bukkanunk, amely nem magyarázható más test hatásával, biztosak lehetünk benne, hogy a vonatkoztatási rendszerünket célszerűtlenül választottuk meg, nem inerciarendszer.

### 4.4 Olvasd el az alábbi részletet!

„Zárkózzál be egy barátod társaságában egy nagy hajó fedélzete alatt egy meglehetősen nagy terembe. Vigyél oda szúnyogokat, lepkéket és egyéb röpködő állatokat, gondoskodjál egy apró halakkal telt vizes edényről is, azon kívül akassz fel egy kis vödört, melyből a víz egy alája helyezett szűk nyakú edénybe csöpög. Most figyeld meg gondosan, hogy a repülő állatok milyen sebességgel röpködnek a szobában minden irányba, míg a hajó áll. Meglátod azt is, hogy a halak egyformán úszkálnak minden irányban, a lehulló vízcseppek mind a vödör alatt álló edénybe esnek. Ha társad felé hajítasz egy tárgyat, mind az egyik, mind a másik irányba egyforma erővel kell hajítanod, feltéve, hogy azonos távolságról van szó. Ha, mint mondani szokás, páros lábbal ugrasz, minden irányba ugyanolyan messzire jutsz. Jól vigyázz, hogy mindezt gondosan megfigyeld, nehogy bármi kétely támadhasson abban, hogy az álló hajón mindez így történik.

Most mozogjon a hajó tetszés szerinti sebességgel: azt fogod tapasztalni - ha a mozgás egyenletes és nem ide-oda ingadozó - , hogy az említett jelenségekben semmiféle változás nem következik be. Azoknak egyikéből sem tudsz arra következtetni, hogy mozog-e a hajó, vagy sem. ....”

Ez a gondolatmenet a klasszikus mechanika relativitás elvét tükrözi, mely szerint egy inerciarendszerhez képest egyenes vonalú egyenletes mozgást végző vonatkoztatási rendszerek is inerciarendszereknek tekinthetők. A mechanikai jelenségek leírása szempontjából teljesen egyenértékűek. Tehát ha találunk egyetlen inerciarendszert, akkor további végtelen sok inerciarendszert tudunk megadni. Ebből az is következik, hogy nem lehet kijelölni egy olyat, amit nyugónak tekintünk, és amelyhez a többi mozgást viszonyítani kellene. Abszolút nyugalom NINCS.

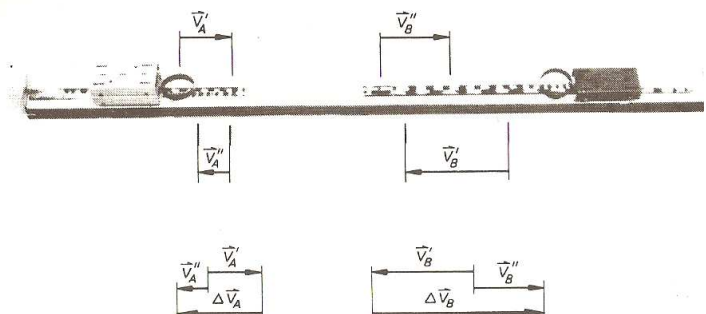
Földi mozgások vizsgálatakor a Földet elegendő pontossággal inerciarendszernek tekinthetjük. Ezek után nézzük, hogy a testek milyen fizikai mennyisége változik meg, amikor egy másik testtel kölcsönhatásba lép. A következőkben csak két test kölcsönhatását vegyük figyelembe, a környezet, a környező testek befolyását hanyagoljuk el.

**4.5 Melyik testnek milyen fizikai mennyisége változik meg, és milyen irányba? Nő vagy csökken?**

<i>Kölcsönhatás leírása</i>	<i>„A” test</i>		<i>„B” test</i>	
	<i>fizikai mennyiség</i>	<i>Nő/csökken</i>	<i>fizikai mennyiség</i>	<i>Nő/csökken</i>
<i>egy 20 Ft-os álló 20Ft-ossal ütköztetünk</i>				
<i>álló csónakba, amely nincs kikötve adott sebességgel beugrunk</i>				
<i>mozgó szerelvényhez további kocsikat kapcsolnak</i>				
<i>két kis kocsit egymással szembe ütköztetünk</i>				

Tapasztalat, ha egy test megváltoztatja a másik sebességét, akkor az ő sebessége is megváltozik a másik hatására, hacsak ezt további test meg nem akadályozza. Arról is meggyőződhattünk, hogy a partnerek sebessége ellentétes irányba változik, hiszen nem tekinthetünk el a sebesség vektor jellegétől. Amikor 20 Ft-osokat ütköztettünk azt is észre lehetett venni, hogy megközelítőleg ugyanakkora sebességgel haladt tovább a meglökött 20 Ft-os, mint amekkora sebessége a másiknak volt. Nem egyforma testek párkölcsönhatásában ezt a szabályszerűséget nem véljük felfedezni.

**4.6 Centrálisan ütköztess először egyforma, majd különböző kocsikat! Figyeld meg a sebesség változások nagyságát!**





Tapasztalat, hogy a nagyobb tömegű partnernek kisebb a sebességváltozása, mint a kisebb tömegűnek. Mérésekkel igazolható, hogy pontosan annyszor kisebb, mint ahányszor nagyobb a tömege. De akkor a kölcsönhatásban nem a sebesség változik szimmetrikusan, hanem a tömeggel szorzott sebességek.

### Lendület

- definíciója: A tömeg és a sebesség szorzataként definiált fizikai mennyiség.

- jele:  $I$

- mértékegysége:  $kg \cdot \frac{m}{s}$

- kiszámítása:  $I = mv$

- vektormennyiség, iránya és nagysága egyaránt van, hiszen vektort szorzunk skalár mennyiséggel.

#### 4.7 Töltsd ki az alábbi táblázatokat a következő honlapon található animáció segítségével!

<http://www.sulinet.hu/fizika/jatszoter/utkoztes.swf>

5 db összetartozó értékpárt írd a táblázatba!

A piros számjegyek a piros kocsi, a kék számjegyek a kék kocsi vonatkozó adatok.

Mindkét kocsi esetében a tömeget és a kezdő sebességet tudjuk megadni. A kurzorral jelöljük ki a módosítani kívánt számot és a billentyűzet segítségével adjuk meg az adatot! Vigyázzunk, hogy tizedespontot használjunk, a tizedesvesszőt nem tudja értelmezni a program! Negatív értékeket is megadhatunk, de azokat a program nem fogadja el, kijavítja. Nulla kezdősebességet megadhatunk. Az ütközés típusára kattintva azt megváltoztathatjuk rugalmatlanról rugalmasra és vissza.

Az animáció értelemszerűen a START gombbal indul, az ütközés pillanatában a program megjeleníti a kocsik ütközés utáni sebességét. Az ÚJRA gombbal visszaállnak a kocsik a kiindulási helyre, ahonnan változatlan formában megismételhetjük a kísérletet, de ízlés szerint meg is változtathatjuk a paramétereket. Figyeljete a pozitív, negatív előjelre, mert ez nem egyértelmű az animációnál!

1. test			2. test		
$m_1$	$v_1$	$v_1'$	$m_2$	$v_2$	$v_2'$

Ütközés előtti lendületek		A rendszer összes lendülete ütközés előtt	Ütközés utáni lendületek		A rendszer összes lendülete ütközés után
$m_1v_1$	$m_2v_2$	$\sum I_{\ddot{u}.e.}$	$m_1v_1'$	$m_2v_2'$	$\sum I_{\ddot{u}.u.}$

#### 4.8 Adj egyértelmű meghatározást a rugalmas, illetve rugalmatlan ütközésre az animáció segítségével

Elvégzett kísérletünkéből és az animáció kapcsán végzett számításokból egyértelműen kitűnik, hogy kölcsönhatás során a rendszer összes lendülete megmarad. Zárt testrendszer teljes lendülete állandó. Éppen ezért került sor a lendület definiálására. A lendület több megnevezése ismert, így impulzus, mozgásmennyiség, mozgásállapot.

Tehát kölcsönhatás révén a testeknek a lendülete változik meg, méghozzá ugyanaz a kölcsönhatás ugyanakkora lendületváltozást okoz a különböző testeknek. Ha a kölcsönhatásokat akarjuk mennyiségileg jellemezni, akkor fontos számunkra, hogy mekkora lendületváltozást okoznak, de az is, hogy ezt a lendületváltozást mennyi idő alatt éri el az adott kölcsönhatás. Így a kölcsönhatások mennyiségi jellemzésére a lendület változási gyorsasága alkalmas., és ezt a mennyiséget erőnek nevezték el.

#### Erő

- definíciója: A lendület változási gyorsasága.

A mozgás-állapotváltoztató hatás mértéke.

A kölcsönhatása mértéke.

- jele: F

- mértékegysége:  $(kg \cdot \frac{m}{s}) \div s = kg \cdot \frac{m}{s^2} = N$

- kiszámítása:  $\vec{F} = \frac{\Delta \vec{I}}{\Delta t}$

- vektormennyiség, iránya és nagysága egyaránt van, hiszen vektort osztunk skalár mennyiséggel.

Az az erőhatás nagyobb, amely bármely testen

- ugyanannyi idő alatt nagyobb lendületváltozást hoz létre

- ugyanakkora lendületváltozást rövidebb idő alatt eredményez.

A párkölcsönhatások szabályszerűségének keresése során a tömeget jól ismert fogalomként használtuk. A hétköznapi életben minden gondolkodás nélkül el tudod dönteni, hogy melyik

test a nehezebb, nagyobb tömegű. Azonban ezt nagy tömegű (pl. égitestek), vagy kis tömegű (pl. elektron) testek esetében nem tudjuk megtenni. Hogyan lehet ezek tömegét megmérni? Mit is jelent, hogy egy test tömege ennyi meg ennyiszere a másikénak? Láttuk, hogy párkölcsönhatásban a bekövetkező sebességváltozásokból a tömegük aránya meghatározható:

$$\frac{m_A}{m_B} = \frac{|\Delta \vec{v}_B|}{|\Delta \vec{v}_A|}$$

Tehát mérlegre nem tehető testek tömegének összehasonlítását erre az összefüggésre alapozva végezhetjük el. Ez az eljárás általánosabban alkalmazható, mint a mérlegen történő mérés, ezért ezt fogadjuk el a tömeg elvi mérési utasításának. Vagyis, ha a kupacban ismerjük valakinek a tömegét, akkor vele párkölcsönhatásba kell hozni a többi diákot, és a bekövetkező sebességváltozások ismeretében az ismeretlen tömegű diák tömege meghatározható. Tehát akkor mondjuk, hogy egy test tömege  $n$ -szer nagyobb a másikénál, ha párkölcsönhatásukban a sebességváltozása  $n$ -szer kisebb. A minta kilogramm egy nemzetközi megállapodással kiválasztott platina-iridium henger, melyet Párizs mellett Sevres-ben, a Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatalban őriznek.

A tömeg tehát olyan fizikai mennyiség, a testek olyan skalár jellemzője, amely a sebességet megmaradó mennyiséggé szorozza. Hozzánk képest nagy sebességgel mozgó testek tömege észrevehetően nagyobb, de ezzel mi nem, csak a relativitáselmélet foglalkozik. A tömeg más definíciója is ismert. A test tehetetlenségének mértéke a tömeg. Ez azt jelenti, hogy annak a testnek nagyobb a tehetetlensége, amelyiknek nehezebben megváltoztatni a sebességét. A tehetetlenség a testek egyik elidegeníthetetlen tulajdonsága. Nagysága nem függ a helytől.

#### 4.9 Számítási feladatok

- Egy 10 tonnás, 3 m/s sebességű vagon utolér egy 20 tonnás 2 m/s sebességű vagon. Az ütközés után a 10 tonnás vagon sebessége 2 m/s. Mekkora a másik vagon sebessége az ütközés után?
- Álló csónakba 60 kg tömegű ember 10 m/s sebességgel ugrik be. Mekkora sebességgel haladnak tovább, ha a csónak tömege 240 kg?
- Egy tavon 240 kg tömegű csónak 2 m/s sebességgel halad. Mekkora sebességgel ugrott ki belőle a 60 kg tömegű ember, ha a csónak éppen megállt?

## 5. Newtoni törvényszék

*"Newton pontos terve szerint suhan a csillag, és arra int néma pályán róva terét, ki-ki tisztelje mesterét" (Albert Einstein)*

Étvágygerjesztő Newton-idézetek:

*"A természet semmit sem tesz hiába, s mindaz, ami sok ok révén történik, bár kevesebb is megvalósítható lett volna, fölösleges. A természet ugyanis egyszerű, s nem használja a dolgok felesleges okait."*

*"...olyan vagyok, mint a tengerparton játszó gyermek, aki játék közben imitt-amott egy, a szokottnál laposabb kavicsot vagy szebb kagylót talál, míg az igazság nagy óceánja egészében felfedezetlenül terül el tekintetem előtt."*

*"A természeti jelenségek magyarázatához nem szabad több okot felvenni, mint amennyi igaz, s amennyi a szóban lévő jelenség magyarázatához szükséges."*

Newton törvényei

Mit nevezünk törvényeknek a természettudományokban?

Az olyan állításokat, melyeket a megfigyelések igazolnak és általános érvényűek. Minthogy a természettudomány célja a természet megértése és leírása, a törvényeknek kulcsszerepük van. A törvények rendszereket alkothatnak, mely rendszerekben többféle jelenség is leírható. A törvények legnagyobb része bizonyítható is más törvények ismeretében. Kell azonban egy alap, amit elfogadunk kiindulásul, hogy azután a többi törvényt bizonyítani tudjuk. Az ilyen alapokat nevezik axiómáknak. Ezeket (noha igazságuk jól látható), pontos bizonyítás nélkül fogadjuk el igaznak.

### Newton I. törvénye

Ez az a törvény, ami valójában axióma, az összes további megállapítás alapja.

Definíció: A testeknek az a tulajdonsága, hogy mozgásállapotuk csak kölcsönhatás során változik meg.

Newton első törvénye a TEHETETLENSÉG TÖRVÉNYE:

Minden test megmarad a nyugalom vagy az egyenes vonalú egyenletes mozgás állapotában mindaddig, amíg valamilyen erőhatás ennek elhagyására nem kényszeríti. Az olyan vonatkoztatási rendszereket, amelyekben teljesül a tehetetlenség törvénye, inerciarendszereknek nevezzük. (A Newton-törvények csak inerciarendszerekben érvényesek!)

A testek tehetetlenségének a mértéke a tömeg. Ezzel kapcsolatos fogalom a sűrűség, ami a tömeg és a térfogat (jele:  $V$ , mértékegysége köbméter, esetleg köbcéntiméter) hányadosa.

Képletben:  $\rho = \frac{m}{V}$

Mértékegysége:  $kg/m^3$ , ill.  $g/cm^3$ .

### 5.1 Mekkora a váltószám a két mértékegység között?

#### Newton II. törvénye

Ha egy tömegpontra erő hat, akkor mozgásállapota megváltozik, a test gyorsul. A létrejövő gyorsulás egyenesen arányos a gyorsító erővel, arányossági tényező a test tehetetlen tömege:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Ez az összefüggés benne van az erő definíciójában is.

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{I}}{\Delta t} = \frac{\Delta(m\vec{v})}{\Delta t} = \frac{m\Delta\vec{v}}{\Delta t} = m \cdot \vec{a}$$

Ha egy testre nem hat erő vagy a rá ható erők kioltják egymást, akkor a testnek nem változik a mozgásállapota, vagyis nyugalomban van, vagy egyenes vonalú egyenletes mozgást végez. 1 N nagyságú az az erő, ami 1 kg tömegű testet 1 m/s<sup>2</sup> gyorsulásra készítet.

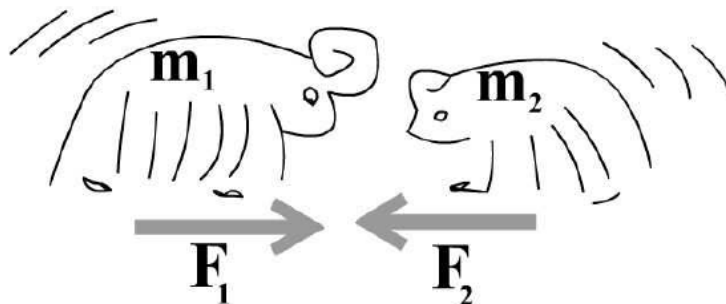
### Newton III. törvénye

Newton harmadik törvénye A HATÁS-ELLENHATÁS TÖRVÉNYE

**5.2 Páronként fogjatok meg egy-egy erőmérőt, és azt óvatosan húzzátok meg. Olvassátok le, hogy mekkora értéket mutat az egyik és mekkorát a másik?**

Ha az egyik test erőt fejt ki a másikra, a másik is erőt fejt ki az előzőre, tehát az erők mindig párosával lépnek fel. Ezek az erők egyenlő nagyságúak és ellentétes irányúak. Az erő és az ellenerő mindig más-más testre hat. Newton harmadik törvénye megfogalmazható másképpen is: egy zárt rendszerben az összes lendületváltozás nulla. Zárt rendszernek azt nevezzük, melyben csak belső erők hatnak, azaz minden erő a rendszeren belülről ered és ott is fejt ki hatását. A lendület megmaradásnak köszönhető a rakétameghajtás is. Ez a törvény a fizika nagy (anyag-, energia-, töltéssb.) megmaradási törvényeinek egyike. Hogy a két megfogalmazás megegyezik, azt bizonyítani is tudjuk:

Két test hat egymásra az itt ábrázolt módon. Newton harmadik törvénye alapján a létrejövő erők a következők:



Newton második törvénye értelmében:

$$\vec{F}_1 = m_2 \vec{a} \text{ ha a gyorsulást kifejtjük, a következő képletet kapjuk: } \vec{F}_1 = m_2 \frac{\vec{v}_t - \vec{v}_0}{t}$$

Mindkét oldalt szorozzuk meg az eltelt idővel, így az 1-es test által kifejtett erőlökést kapjuk meg:

$$\vec{F}_1 \cdot t = m_2 (\vec{v}_t - \vec{v}_0) \text{ a zárójelet felbontva ehhez jutunk: } \vec{F}_1 \cdot t = m_2 \vec{v}_t - m_2 \vec{v}_0$$

Tudjuk, hogy a lendület képlete:  $\vec{I} = m\vec{v}$  ezt behelyettesíthetjük ebbe a képletbe:

$$\vec{F}_1 \cdot t = \vec{I}_t - \vec{I}_0 = \Delta \vec{I}_2$$

Mindez persze a másik testre is igaz:  $\vec{F}_2 \cdot t = \Delta \vec{I}_1$

Newton III. törvénye értelmében (hatás-ellenhatás):

$$F_2 = -F_1$$

Mivel t mindkét esetben ugyanakkora, az erőlökéseket is felírhatjuk így:  $F_2 \cdot t = -F_1 \cdot t$

Az erőlökések viszont megegyeznek a lendületváltozásokkal, tehát:

$$\Delta I_2 = -\Delta I_1$$

A két lendület változás összege pedig:  $\Delta I_2 + \Delta I_1 = 0$ . Ez az összeg a rendszer teljes lendületváltozása. Megkaptuk a harmadik törvény másik megfogalmazását. A zárt rendszer teljes lendületváltozása nulla.

### 5.3 Rakéta mozgásának szemléltetése

**Kifeszített drótra rögzítsünk egy szódáspatront tartalmazó szerkezetet! A patront szűrjük ki! Tapasztalatainkat jegyezzük le, és magyarázzuk a jelenséget Newton III. törvénye illetve a lendületmegmaradás segítségével!**

#### Newton IV. törvénye

Az ERŐHATÁSOK FÜGGETLENSÉGÉNEK az elve.

„A tó partján egy kis szekérke állt,  
A csuka, a rák s a hattyú rátalált.  
Megfogták hárman: >>Húzzuk el!<<  
Erőlködnek, hogy inuk-csontjuk roppan  
Húzzák, húzzák, de az biz' meg se moccan  
Pedig nem is nagy a teher.  
Hogy is? A hattyú ragadná az égbe,  
A rák meg hátra, a csuka a mélybe . . .  
S a szekér most is ott hever.”

Ez azt mondja ki, hogy az erőhatások egymástól függetlenül hatnak. Az egyes erők által létrehozott hatás ugyanaz, mintha az erők eredője hatott volna, azaz az erők helyettesíthetők az eredő erővel. Már előkerültek korábban a vektorok, itt az erők esetében is vektormennyiségekről beszélhetünk. Eredőjüket pedig úgy kapjuk, hogy a közös pontból felvett két vektorból paralelogrammát szerkesztünk, és ebből a közös pontból kiinduló átló a két vektor összege.

#### Dinamika alapegyenlete

A II. és IV. axióma egyesítése adja ki a dinamika alapegyenletét.

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \text{ és } \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \vec{F}_e$$

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = m \cdot \vec{a}$$

Ennek a képletnek a segítségével megadható a különféle mozgások dinamikai feltételei.

#### 5.3 Mit tudunk az egyenes vonalú egyenletes, az egyenes vonalú egyenletesen változó, valamint az egyenletes körmozgás gyorsulásáról? Annak nagyságáról, irányáról?

A dinamika alapegyenlete szerint a testre ható erők vektori összege arányos a test gyorsulásával és az eredő erő iránya megegyezik a test gyorsulásának irányával.

#### 5.4 Fogalmazd meg a fent felsorolt mozgások dinamikai feltételét!

Egyenes vonalú egyenletes mozgás esetén a testnek állandó a sebessége, se iránya, se nagysága nem változik, így nincs sebességváltozás, azaz nem lehet a testnek gyorsulása. A gyorsulás pedig csak akkor nulla, ha a testre ható erők vektori összege nulla, illetve ha nem hat a testre semmiféle erő. A Föld hatásától sose tekinthetünk el, így utóbbi eset nem fordul elő. Egy érdekességre kell felhívni a figyelmet. A  $\Delta \vec{v} = 0$  feltételben  $\vec{v} = \text{áll}$  van benne, azonban ez nem jelenti, hogy szükségszerűen állandó sebességgel mozog a test, állhat is. Azt

mondjuk, hogy ha  $\vec{v} = \text{áll}$ , akkor a test egyensúlyban van, és ennek egy speciális esete a nyugalom, amikor is a sebesség annyira állandó, hogy nulla. Tehát fizikai értelemben az egyensúly és a nyugalom két különböző fogalom. Az egyensúly dinamikai feltétele tömegpont esetén, hogy a testre ható erők kiegyenlítsék egymást, azaz  $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$ .

Az egyenletesen változó mozgás esetében a testnek állandó nagyságú és irányú gyorsulása van. Így a dinamika alapegyenlete szerint,  $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = m \cdot \vec{a}$  a jobb oldalon egy állandó szerepel.

Az anyagi pontra tehát állandó nagyságú és irányú erőnek kell hatnia, ha azt akarjuk, hogy egyenletesen változó mozgást végezzen.  $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \text{áll}$ .

Egyenletes körmozgást végző test minden pillanatban rendelkezik gyorsulással, melynek nagysága állandó, iránya pedig minden pillanatban a kör középpontja felé mutat. Ez csak úgy lehet, hogy a testre ható erők vektori összege nem nulla, hanem egy állandó nagyságú, iránya pedig minden pillanatban a körközeppontra mutat. Tehát egyenletes körmozgás akkor valósulhat meg, ha a testre ható erők eredője az előbbi feltételeket teljesíti.

### 5.5 A kapott képeken rajzold be a testre/testekre ható erőket!

a, Jelöld a padra ható erőket!



b, Jelöld a szánkóra ható erőket! A szánkó egyenletesen mozog.

(A kislány erőhatásától tekintsd el!)



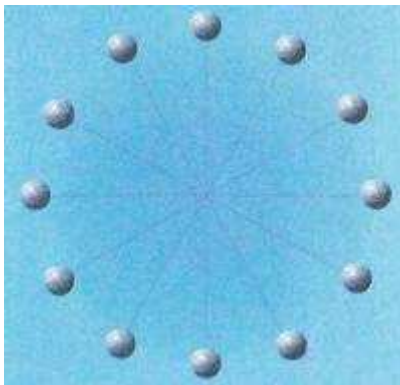
c, Jelöld a repülőgépből éppen kiugró emberre ható erőt/erőket! A légellenállástól tekintsük el!



**d, Jelöld az ejtőernyősre ható erőt/erőket! Az ejtőernyőt és az embert együttesen kezeld! Az ejtőernyős állandó sebességgel halad a földfelszín felé.**



**e, Jelöld az egyenletes körmozgást végző tömegpontra ható erőt/erőket! A mozgás pályájának legfelső és legalsó pontjában! A testet egy fonál segítségével kényszerítjük körpályára.**



### **5.6 Számítási feladatok**

1. Mekkora erő gyorsítja a 30 t tömegű kamiont  $1,5 \text{ m/s}^2$  gyorsulással?
2. Vízszintes talajon lévő 5 kg tömegű téglára 20 N erő hat vízszintes irányban. A súrlódástól eltekintünk. Mekkora a téglá gyorsulása?
3. Egy teherautó 9000 N erő hatására  $0,8 \text{ m/s}^2$  gyorsulással mozog. Mekkora a teherautó tömege?



## 6. Különféle erőhatások és erőtvényeik

Ahhoz, hogy egy test mozgását meg tudjuk határozni a ráható erőket a helyfüggvényeként kell ismernünk. Célunk olyan egyértelmű hozzárendelések megadása, amelyben az erőhatást kifejtő környezet fizikai sajátosságait jellemző mennyiségek (pl. érintkező felületek anyagi minősége, a közeg és a test egymáshoz viszonyított sebessége stb.) szerepelnek. Az ilyen erőt meghatározó egyenletet erőtvénynek nevezzük. Az erőtvények felismerése csak tapasztalat, kísérlet útján lehetséges.

### Nehézségi erőtvény

Ha Föld vagy más égitest felszínén elejtünk egy testet, az szabadon esik. A szabadon eső test gyorsul, tehát kölcsönhatásba lép egy másik testtel, hat rá erő. Azt az erőt, amelynek hatására a szabadon eső test gyorsul, nehézségi erőnek nevezzük. (A gravitációs erő is helyes, amennyiben Földünket a mozgás szempontjából inerciarendszernek tekinthetjük.) Alkalmazzuk a dinamika alapegyenletét a szabadon eső testre:

$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Csak a Földdel érintkezik a test, így csak egyetlen erő hat rá:

$$\vec{F}_{neh} = m \cdot \vec{a}$$

Tudjuk, hogy minden szabadon eső test ugyanakkora gyorsulással (*g-vel*) esik. Így.

$$\vec{F}_{neh} = m \cdot \vec{g}$$

Kísérletek tapasztalataiból állapítottuk meg az összefüggést. *g* a Földre, az erőhatást kifejtő testre jellemző, így a fenti összefüggést erőtvénynek tekinthetjük.

Kísérlettel csak a nehézségi erőt tudjuk mérni. A gravitációs erő és a nehézségi erő között az alapvető különbség, hogy a nehézségi erő magában foglalja a gravitációs erőt, plusz a Föld forgásából származó centrifugális erőt is. A gravitációs erő mindig a Föld középpontja felé mutat, a nehézségi erő nem pontosan. Ugyanis a forgás miatt a szabadon eső testek alól kifordul a Föld. Ezt, a nyugvónak gondolt Földön, úgy vesszük figyelembe, hogy feltételezünk egy olyan erőt – centrifugális erőt -, mely a gravitációs erővel együtt gyorsítja a testeket. Fontos, a centrifugális erő nem létezik, csak azért van szükség a bevezetésére, mert különben nem lennének igazak a Newton törvények a Földhöz rögzített vonatkoztatási rendszerben.

### Newton-féle gravitációs erőtvény

Magas hegy tetején *g* értéke kisebb, mint a hegy lábánál. A gravitációs tér erőssége a Föld középpontjától távolodva csökken. Felmerülhet a kérdés, hogy hol ér véget a Föld gravitációs mezője? Newton erre a kérdésre kereste a választ, miközben felfedezte az általános tömegvonzás törvényét, mely szerint minden pontszerű test gravitációs mezőjének térerőssége, mindenütt a forrástest felé mutat, nagysága egyenesen arányos a forrástest tömegével, és fordítva a tőle mért távolság négyzetével.

$$g = \gamma \frac{m_0}{r^2} \text{ és } \vec{g} \text{ ellentétes irányú, de párhuzamos } \vec{r} \text{-rel.}$$

A gravitációs térerősség kifejezését az  $F = mg$  képletbe helyettesítve kapjuk meg az általános tömegvonzás törvényét, amely közvetlenül megadja az egyik test gravitációs mezője által a másikra kifejtett erőt. Ennek nagysága:

$$F = \gamma \frac{m_0 m}{r^2}$$

**6.1 Számold ki a Föld felszínén a gravitációs térerősséget (*g-t*), ha tudjuk, hogy a Föld tömege  $5,97 \cdot 10^{24}$  kg, átlagos sugara 6373 km!**

## Rugó erőtvénye

Rugalmas erő rugalmas testek alakváltozása közben lép fel. Ezért ezt az erőt rugalmas testek pl. rugó alkalmazásával célszerű vizsgálni.

**6.2 Állványra rögzíts egy rugót! Mérd meg terheletlen hosszát! Ezután akassz rá különböző tömegű testeket, olyan tömegű testeket válassz ki, hogy a rugó ne szenvedjen maradandó alakváltozást! Minden esetben mérd meg a bekövetkezett hosszváltozást! Mérései eredményeidet rögzítsd táblázatba! A kapott megnyúlás értékeket ábrázold az erő függvényében! Milyen összefüggés áll fenn a megnyúlás és az erő között?**

tömeg (kg)	0				
rugó által kifejtett erő $F_r = m \cdot g$ (N)	0				
rugó hossza $y_0$ (m)					
megnyúlás $y - y_0$ (m)	0				

A rugóra függesztett test két másik testtel – a Földdel, pontosabban a Föld gravitációs mezőjével, és a rugóval - érintkezik, így csak két erő hat rá. A test nem mozdul, ebből az következik, hogy a ráható erők vektori összege nulla. Ez csak úgy lehetséges, hogy a két erő iránya ellentétes, de nagyságuk egyenlő.

$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

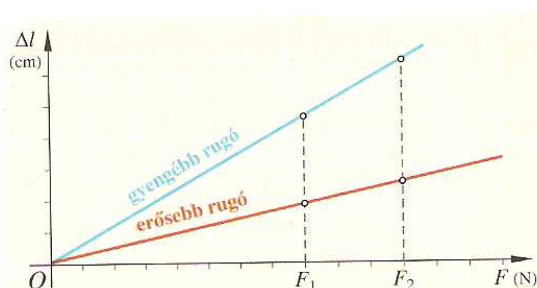
$$\sum \vec{F} = 0$$

$$\vec{F}_r + \vec{F}_g = 0$$

$$F_r - F_g = 0$$

$$F_r = F_g$$

$$F_r = m \cdot g$$



A levezetésből, de hétköznapi tapasztalatainkból is tudjuk, hogy a rugó megnyúlása annál nagyobb, minél nagyobb tömegű testet akasztunk rá. A grafikon képe pedig egy az origóból kiinduló egyenesnek adódott, mely számunkra azt jelenti, hogy a rugó által kifejtett erő és a megnyúlás között egyenes arányosság áll fenn. A két mennyiség hányadosa állandó, méghozzá a rugóra jellemző. Annál nagyobb minél erősebb a rugó, ezért ezt a hányadost rugóállandónak nevezzük. Jele:  $D$ , mértékegysége:  $N/m$ .

$$D = \frac{F_r}{\Delta l}$$

Egy rugó rugóállandója számértékileg egyenlő azzal az erővel, amely a rugó egységnyi (1 m) hosszváltozást hoz létre. A rugó által kifejtett erő nyújtásnál visszahúzó erő, összenyomásnál pedig taszítóerő, vagyis mindig ellentétes irányú, mint a hosszváltozás. Ezt egy negatív előjellel tudjuk kifejezni.

$$F_r = -D\Delta l$$

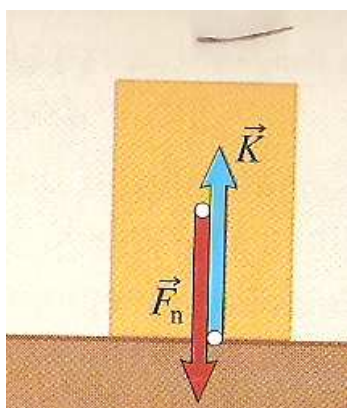
Sikerült a rugó által kifejtett erőt az erőhatást kifejtő test (rugó) adataival felírunk, vagyis találtunk egy erőtvénnyt. A rugalmas erő nagysága a méretváltozás első hatványával arányos, ezért ezt az erőtvénnyt lineáris erőtvénnynek szokás nevezni. Az erőtvénnyt Robert Hooke (1635-1703) angol fizikus ismerte fel, így a Hooke-törvény elnevezés is elterjedt.

### Kényszererők

Az elhajított testek szabad mozgást végeznek, mert lehetséges pályájukat nem korlátozzák az őket érő erők, az úgynevezett szabaderők. Az asztalon guruló golyó mozgása azonban kényszermozgás, hiszen például az asztallap egy előre ismert felületre kényszeríti a test mozgását. A kényszerítő hatást kifejtő testet kényszernek, az általa kifejtett erőt kényszererőnek szokás nevezni. Ennek az erőnek mindig a szabaderő által a kényszeren (asztallapon) létrehozott kicsiny, alig érzékelhető alakváltozás, deformáció az oka. A kényszererő mindig alkalmazkodik a külső szabaderőkhöz. Az asztallap például mindig akkora erőt fejt ki, amekkora erő szükséges, hogy a ráhelyezett test egyensúlyban legyen. Ez azt is jelenti, hogy a kényszererőknek van egy maximum értéke, melynél nagyobbat a kényszer nem tud kifejteni. Ha például az asztalt túlterheljük, leszakad, ekkora erőt már nem képes kifejteni. Tehát nem minden esetben tudja biztosítani a mozgás megvalósulásához szükséges nagyságú erőt, ilyenkor megszűnik, és ekkor a test leválk a felületről, vagy a kényszert biztosító test megy tönkre. Ugyanakkor az is belátható, hogy a kényszer a test pályájának elhagyását akadályozza meg, nincs szerepe a pályagömbén történő mozgásban, ez csak úgy lehetséges, hogy iránya minden pillanatban merőleges a felületre.

A kényszererőkre nincsenek erőtvénnyek ezeket csak meg lehet határozni, ki lehet számítani a nagyságukat.

Kényszererő nagyságának meghatározása:



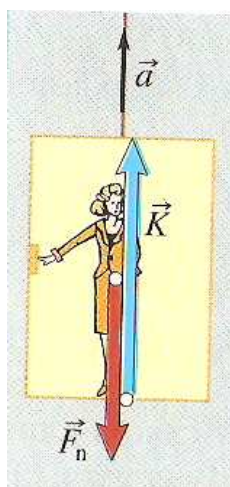
1. eset  
a test nyugalomban van az asztalon

$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

$$\sum \vec{F} = 0$$

Mindhárom esetben igaz, hogy a test két másik testtel érintkezik (Földdel, talajjal).

$$\vec{K} + \vec{F}_n = 0$$



2.eset  
a hölgy nyugalomban van a felfelé gyorsuló liftben

$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

$$\vec{K} + \vec{F}_g = m \cdot \vec{a}$$



3.eset  
a hölgy nyugalomban van a lefelé gyorsuló liftben

$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

$$\vec{K} + \vec{F}_g = m \cdot \vec{a}$$

a két erő megegyező nagyságú, de ellentétes irányú

a felfelé mutató erőnek kell nagyobbak lennie, hiszen csak akkor gyorsulhat felfelé

a lefelé mutató erőnek kell nagyobbak lennie, hiszen csak akkor gyorsulhat lefelé.

$$K = F_n$$

$$K = mg$$

$$K - F_g = m \cdot a$$

$$K = m \cdot a + F_n$$

$$K = ma + mg$$

$$K = m(a + g)$$

$$F_g - K = m \cdot a$$

$$K = m \cdot a - F_n$$

$$K = ma - mg$$

$$K = m(a - g)$$

Látható, hogy a kényszer erő alkalmazkodik.

### **6.3 Kísérlettel igazoljátok a fenti gondolatmenet helyességét!**

*Rugós erőmérőre akasztatok tetszőleges testet! Olvassátok le, hogy mekkora a rúgó által kifejtett kényszererő! Ugyanezt tegyétek meg liftben, amikor elindul felfelé, illetve lefelé!*

### **Súlyerő**

Az az erő, amellyel a test az alátámasztást nyomja, vagy a felfüggesztést húzza. Nagyon fontos, hogy a súlyerőt a test fejti ki, és nem a testre hat. Ez az erő pontosan az előbb tárgyalt kényszererőknek az ellenereje. Newton III. törvénye értelmében, ha az egyik test hat a másikra, akkor a másik is hat az egyikre. A két erő nagysága megegyezik, míg irányuk ellentétes. Ezek szerint súlyúnk változhat, attól függően, hogy hol vagyunk. Tömegünk viszont nem.

A hétköznapi életben a tömegmérést súlymérésre vezetik vissza. A mérleg azt az erőt méri, amellyel nyomjuk, és a skála van tömegre kalibrálva.

### **Súrlódás**

#### **6.4 Asztalon nyugalomban lévő fahasábhöz vízszintesen csatlakoztass rugóserőmérőt! Fokozatosan növel az erő nagyságát! Mit tapasztalsz?**

A húzóerőt egy bizonyos határig növelve a test nyugalomban marad, nem mozdul. Ez csak úgy jöhet létre, hogy a mindenkori húzóerővel ellentétes irányban valamilyen másik erő fellép, a húzóerőt kiegyenlíti. Ez az erőhatás azért jön létre, mert a testek felülete sohasem tökéletesen sima. Az egymással érintkező felületek kiemelkedései, bemélyedései egymásba akadnak, és egy bizonyos határig megakadályozzák a testek egymáshoz viszonyított elmozdulását. Ez a jelenség a tapadási súrlódás.

#### **6.5 Az érintkező testek anyagi minőségén kívül mitől függ még a tapadási súrlódási erő maximális értéke?**

*Ugyanolyan anyagi minőségű test elmozdításához szükséges erőt mérjük meg először úgy, hogy kisebbik oldalán fekszik a hasáb, majd úgy, hogy nagyobb oldalán fekszik a hasáb. Harmadik esetben pedig növeljük meg a test tömegét! Tapasztalatainkat jegyezzük le!*

Tehát a tapadási súrlódási erő maximális értéke első közelítésben nem függ az érintkező felületek nagyságától, viszont függ a testeket egymáshoz szorító erők nagyságától.

$$F_{ts,max} = \mu_0 F_{ny}$$

Íránya a felülettel párhuzamos, a „mozgással” ellentétes irányú.

Az arányossági tényező neve a tapadási súrlódási együttható, értéke az érintkező felületek anyagi minőségétől függ.

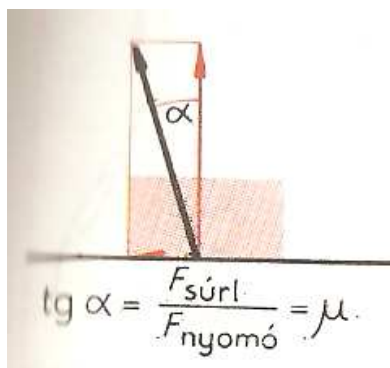
A tapadási súrlódás teszi lehetővé a járást, hiszen lábunk hátranyomja a Földet, a Föld előre a lábunkat, és ez egyenlő a tapadási erő nagyságával.

Gyakorlatban a testek vízszintes talajon történő egyenletes mozgásához folyamatos erőhatásra van szükség, különben a mozgó test előbb – utóbb megáll. A csúszva érintkező testek által egymásra kifejtett felületi erő érintőleges összetevőjét csúszási súrlódási erőnek nevezzük. Mi előtt az előző mondat jelentőségét megvizsgálánánk nézzük meg, hogy mitől függ a csúszási súrlódási erő!

### **6.6 Különböző pozíciókban mozgass egyenletes sebességgel egy fahasábot! Mérd meg a szükséges vízszintes erők nagyságát! Növeled a test tömegét, ezáltal az érintkező felületek közti nyomóerőt!**

Kísérleteink alapján kijelenthetjük, hogy a csúszási súrlódási erő- hasonlóan a tapadási súrlódási erőhöz – az érintkező felületek anyagi minőségétől, és a nyomóerő nagyságától függ.  $F_s = \mu F_{ny}$

A csúszási súrlódási erő kisebb, mint a tapadási erő maximális értéke  $\Rightarrow \mu < \mu_0$ .



Egy két fontos megállapítás kell még tennünk a súrlódási erőkkel kapcsolatban. Az asztalon nyugalomban lévő testre, ha vízszintes erőt fejtünk ki, akkor a test három másik testtel – Föld, asztal, húzó – érintkezik, azaz csak három erő hathat rá. A Föld által kifejtett erőhatás lefelé mutat, én vízszintesen húzom, ebből egyértelműen következik, hogy az asztal által kifejtett erő nem lehet merőleges a felületre. Tehát ilyenkor a felületi erő iránya változik meg, és ennek vízszintes komponensét nevezzük el tapadási súrlódásnak, illetve csúszási súrlódásnak, attól függően, hogy áll a test, vagy már mozgásban van.

A súrlódási erő a felületek simításával csak egy bizonyos mértékig csökkenthető, mert az egyre simább felületeknél egyre jobban érvényesül a két felület részecskéi közötti vonzás. Ha az érintkező felületek nem nagyon simák a felület részecskéinek többsége nem kerül olyan közel egymáshoz, hogy az egymást vonzó hatásuk érvényesüljön, észrevehető legyen. Ez az oka, hogy a gyakorlatban a csúszási súrlódási erő legtöbbször nem függ az érintkező felületek nagyságától.

Egy guruló jármű esetében is van súrlódás, bár nem csúsznak, ezt **gördülési súrlódásnak** nevezzük. Ez az erő akkor lép föl, amikor sík talajon egy kerék gurul, ha ez az erő nem lenne, a kerék nem mozdulna el, hanem egy helyben forogna. A súrlódás nélkül nem működne az autó, az autógumik esetében tehát a súrlódás megfelelő megválasztása a feladat.

### **Közegellenállás**

Mindenki tapasztalta már, hogy áramló levegő segítheti és akadályozhatja is a mozgást. Minden közeg olyan erőt fejt ki a hozzá viszonyítva mozgó testre, amely csökkenteni igyekszik a test és a közeg egymáshoz viszonyított sebességét. Ez a jelenség a közegellenállás. Ezen mondatok elolvasása után senki nem mondja többet azt, hogy a közegellenállás minden esetben mozgást akadályozó erő, hiszen a vitorlás azért halad, mert a szél magával viszi. Cél a közeg és a test közötti relatív sebesség csökkentése, amennyiben ez a test mozgásba hozásával érhető el, akkor a közeg mozgásba hozza a testet.

Nagysága a közeg sűrűségétől, belső ellenállásától függ, a test homloklapfelületétől, a test alakjától és a test és a közeg egymáshoz viszonyított sebességétől.

Eddigiekben a súrlódási erőket vízszintes mozgások esetében vizsgáltuk, és azt állapítottuk meg, hogy akár a tapadási, akár a csúszási súrlódási erő arányos a nyomó erővel. Ez vízszintes felületek esetében mindig egyenlő nagyságú a nehézségi erővel, azaz  $mg$ -vel. Általánosságban azt jelenthetjük, hogy a nyomó erő egyenlő a két test között fellépő kényszererővel.

***6.7 Fahasábot helyezz állítható magasságú lejtőre. Különböző hajlásszögeknél rögzítsd a lejtőt. Rugóserómérő segítségével mérd meg a tapadási súrlódási erő maximális értékét! Tapasztalataidat rögzítsd!***

A fenti kísérlet egyértelműen bizonyítja, hogy nagyobb hajlásszögnél a tapadási súrlódási erő maximális értéke csökken. A testre ható nehézségi erő nem változik, a tapadási súrlódási együttható értéke sem, hiszen ugyanaz a két felület érintkezik a kísérlet során végig. Ezek szerint a nyomóerő tényleg nem egyenlő az  $mg$ -vel, hanem a kényszer által kifejtett erővel, mivel a kényszererő csökkent a lejtő hajlásszögének növelésével.

## 7. Sejtek, molekulák mozgása

A természetben szinte minden folyamatosan mozgásban van. Tavaly már tanultunk arról, hogy az egyes halmazállapotokhoz milyen mozgás társul:

<i>Halmazállapot</i>	<i>Mozgás</i>

A molekulák rendezetlen mozgását Brown fedezte fel és róla kapta a Brown mozgás nevet. A Brown mozgást magad is láthatod, elég csak egy napcsíkban megcsodálni a porszemek táncát.

### 7.1 Rajzold le, milyen a Brown-mozgás!

Ez a mozgás irányítatlan. A molekulák olykor azonban kitüntetett irányba mozognak, legalábbis makroszkopikusan mi ezt tapasztaljuk. Ilyen mozgás akkor következik be, ha az anyageloszlás nem egyenletes, például koncentráció különbség áll fenn egy adott oldat különböző részein. Ugyanis a természet egyik alapvető törvénye, hogy amennyiben lehetséges a rendezetlenebb, egyenletesebb eloszlású állapotok elérésére törekszik, ezért a részecskék elsődlegesen úgy mozognak, hogy kiegyenlítsék a különbséget.

Ilyen mozgás például a gázokban és folyadékokban, de akár szilárd anyagokban is fellépő **diffúzió**. A diffúzió mikroszkopikus manifesztációja: Brown-mozgás, azaz a diffúzió jelenségét a rendezetlen mozgással tudjuk értelmezni, magyarázni. Diffúzió tehát, akkor következik be, ha egy anyag eloszlása nem egyenletes.

### 7.2 Végezzétek el a következő egyszerű kísérleteket!

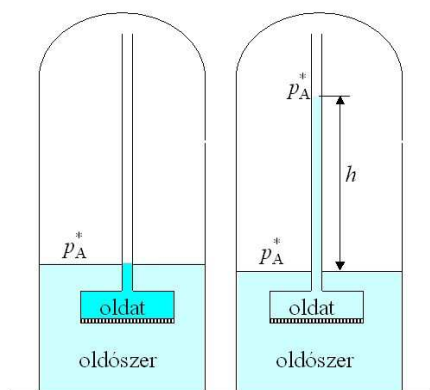
1. *Forró teába ejtsünk kockacukrot!  
Ne keverjük fel! Figyeljük meg a jelenséget!*
2. *Átlátszó üveg aljára kálium-hipermanganátot helyezünk! Óvatosan öntsünk rá vizet!*
3. *Egy csepp tejet tegyünk mikroszkóp tárgylemezére, és ezerszeres nagyításban szemléljük meg! Ezután hajszárítóval meleg levegőt fújjunk a tárgylemez irányába!*
4. *Egy lombik aljára ejtsünk 1 kicsiny jódkristályt! Dugaszoljuk le a lombikot!*

Ezek a kísérletek jól szemléltetik a Brown-mozgást, a diffúzió jelenségét.

### 7.3 Kísérletek az ozmózis szemléltetésére!

**Csoportban dolgozzatok! Minden csoport egy-egy kísérlet sorozatot végezzen el, melynek tapasztalatait a következő óra elején, a kísérlet menetével együtt el kell mondanotok a többieknek.**

1. Pohárba helyezzünk desztillált vizet!  
Üvegcső, vagy tölcsér alját zárjuk el celofánnal!  
Helyezzünk bele tömény cukoroldatot!  
Jelöljük meg az oldat szintjét az üvegcsőben illetve a tölcsérben!  
Helyezzük az üvegcsövet/tölcsért a pohárba!  
Tapasztalatainkat jegyezzük le!
2. Töltsünk meg egy főzőpoharat kb. 10%-os sósavoldattal!  
Állítsuk a poharat egy tányérba, hogy az esetleg kiömlő sósav ne okozzon kárt, és tegyünk a pohárba egy tojást!  
A tojás meszhéját a sósav leoldja a hártyás héjról, a vékony belső tojáshártya megmarad:  
$$\text{CaCO}_3 + 2 \text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
  
A tojáshéj leoldása után tegyük a tojást 1 napra vízbe!  
Figyeljük meg a tojás héjatlan részét!  
Egy tűvel szúrjuk meg a duzzadt részt!
3. Hámozatlan burgonyába vájjunk mély lyukat, és tömjük tele konyhasóval!  
Állítsuk a burgonyagumót egy olyan lombik szájára, a melyikbe nem esik bele, de éppen belefér!  
Figyeljük meg mi történik 1 nap múlva!
4. Megtisztított sárgarépból vágjunk le 2 db kb. 3 cm vastag és 3 cm átmérőjű szeletet!  
Mindkettőbe fúrjunk lyukat!  
A lyuk akkora legyen, hogy 0,5 cm vastag fal mindenütt megmaradjon!  
Az egyik répadarabot félig töltsük meg cukorral, a másikat keményítővel!  
A répadarabokat állítsuk Petri-csészébe vagy valamilyen lapos edénybe!  
Az edénybe töltsünk annyi vizet, hogy az a lyukon ne tudjon befolyani!  
Néhány óra múlva figyeljük meg az eredményt!
5. Egy marhabéldarab egyik végét kössük be szorosan, nyitott végébe pedig illesszünk üvegcsövet és rögzítsük!  
Töltsük meg tintával festett tömény NaCl-oldattal, és jelöljük meg a folyadékszintet!  
Az így elkészített „berendezésünket” állítsuk egy pohár vízbe!  
Figyeljük meg a folyadékszint változását!  
A folyadékszint emelkedése után helyezzük át a kísérleti berendezést tömény NaCl-ot tartalmazó edénybe!  
Figyeljük meg a folyadékszint változását!



A diffúzió egy speciális esete az ozmózis. Ilyenkor egy úgynevezett **féláteresztő hártyával** választja el a hígabb és a töményebb részt, mely korlátozza a koncentráció kiegyenlítődést. A féláteresztő hártyán csak a kisebb oldószer tud átjutni, az oldott anyag nagyobb részecskéi nem. Ebben az esetben az oldószer az oldott anyag felé mozdul, de ettől a koncentráció különbsége megmarad. Ennek következtében a töményebb oldalon nagyobb lesz a nyomás. Úgynevezett ozmózisnyomás alakul ki.

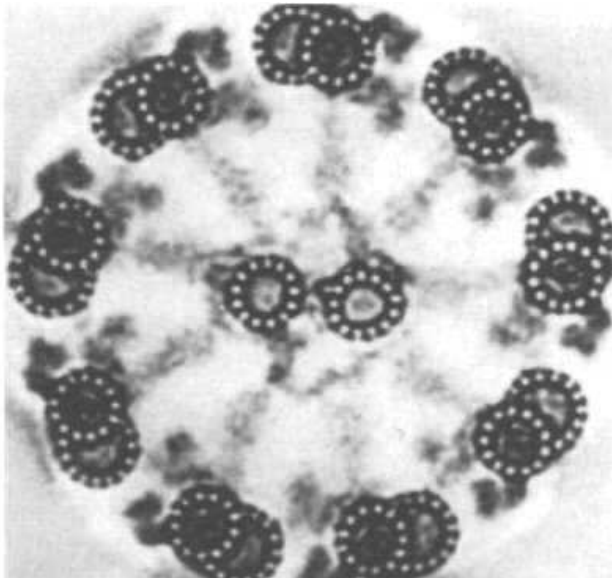
Ilyen féláteresztő hártya a celofán vagy a sejteket körülvevő sejthártya is.



Az emberi szervezetben az ozmózisnyomás kb. 8 bár, melyet a szervezet igyekszik stabilizálni verejtékezéssel, vizelet-kiválasztással, és folyadékfelvétellel. Az emberi szervezet ozmózisnyomása egyenlő a Ringer oldatével, mely a fiziológias sóoldat. (0.9% NaCl oldat, 0.9 g NaCl 100 mL vízben) Ez az izotóniás oldat. Ha az oldat nyomása ennél nagyobb **hypertóniás** (vízvesztés, kiszáradás), ha ennél kisebb, akkor **hypotóniás** (víz beáramlás, szétreped) oldatról beszélünk.

#### *Érdekesség:*

A sótalánítás egyik módja a lepárlás, a vizet többször felforraltják, vagyis gőzzé alakítják – a só pedig megmarad –, majd hűtéssel újra cseppfolyósítják. A gyakoribb módszer – mivel ez olcsóbb, feleannyi energiát sem igényel – a fordított ozmózis elvén alapul: a tengervizet nagy nyomással félig átteresztő membránokon préselik keresztül, és egyre kevesebb lesz benne a só. Így működik a világ legnagyobb sótalánító üzeme Izraelben, egymillió embert lát el, és 53 centet kér egy köbméter vízért. (Budapesten a közgyűlés döntése alapján a vízművek jelenleg bruttó 199,80 forintot számláz egy köbméterért – és a fővárosiak még olcsón kapják az országos átlaghoz képest –, tíz éve 76,16 forintba került. 2008. november)



Vannak azonban olyan molekulák is, amik nem csak összevissza tudnak mozogni. Az élőlényekben a mozgékony molekuláknak két nagy csoportja fordul elő. Az egyik már a baktériumokban is megtalálható és az ostorok és csillók alapanyaga. Kétféle fehérje kapcsolódik itt egybe a hosszú csöveget alkotó tubulin, és az elmozdulásra képes dinein. A tubulinszálak párokban állnak és a köztük levő dinein elmozdulásának köszönhetően meghajlanak, így jön létre az ostorok vagy csillók elmozdulása. Az ostorok általában hosszabbak és kevés van belőlük, a csillók számosak és rövidebbek. Csillókat találunk bőven az emberi szervezetben is, például a

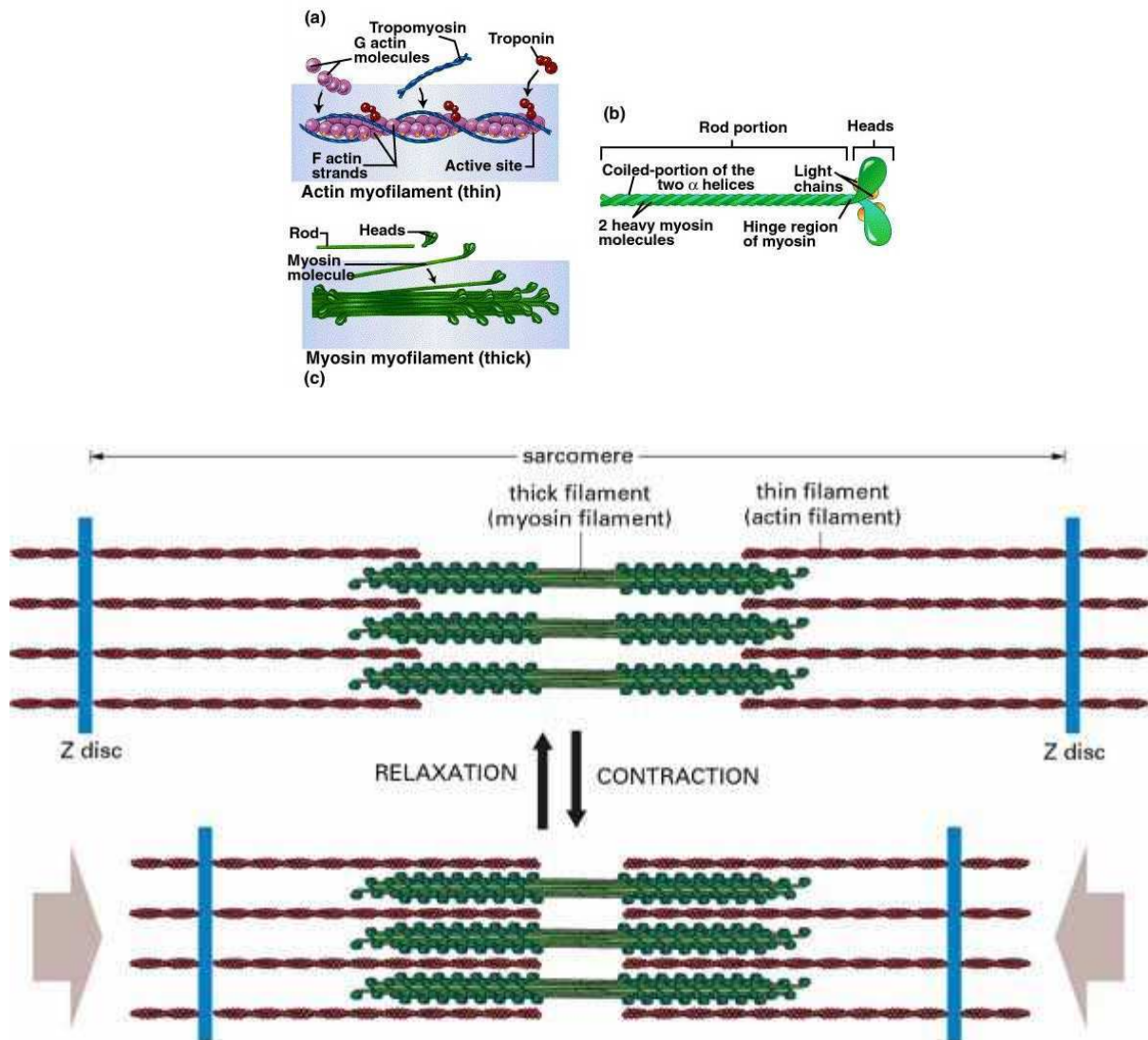
légszőben, és az emberi hímivarsejtek is ostorral mozognak. Mindezekhez a mozgásokhoz természetesen energiára van szükség, amit az ATP nevű molekula szolgáltat. A csillókkal és ostorokkal elérhető sebesség akár 1 mm/s is lehet. Az élővilág leghosszabb ostorai (2 mm) egyes rovarok hímivarsejtjein találhatók.

#### **7.4 Rajzold le, hogyan működik a csilló!**

A sejteken belül is tubulin autópályákon szállítják a molekulákat, de ott nem dinein, hanem kinezin lépked rajtuk.

A másik molekuláris rendszer csak az állatokban található meg és ez is két fehérjéből, az aktinból és a miozinból áll. Az aktin vékony fonál, ami a sejtek alapvázának felépítésében is fontos szerepet kap. A miozion vastagabb, jól elkülönülő feje és farka van és ATP felhasználásával bólintani képes. Így aztán a két szál egymáshoz képest elcsúszik. Ahhoz, hogy a miozin elengedje az aktinszálat kalcium ionra van szüksége. Mindez persze nagyon energiaigényes folyamat ezért használnak az izmok rengeteg oxigént és tápanyagot.

## Structure of Actin and Myosin



### 7.5 A fentiek ismeretében válaszolj az alábbi kérdésekre!

Az emberi testen az izmok mindig párokban (feszítő és hajlító izmok) található meg. Miért?

Miért hasznos a vérdopping (extra vörösvértestek beadása) a sífutók számára?

Miért adnak kalcium injekciót a görcsben levő izmokba?

Az izmok csoportosan működnek. Testünk egy mozdulatában több izom vesz részt. Működésük szerint vannak: hajlító, feszítő, közelítő, távolító, szűkítő izmok. Egy izom csak egy fő működést végezhet. Az izom fő működése az összehúzódás – a kontrakció. Egy izom annál nagyobb erőt képes kifejteni, minél több izomrostból áll. Az izom fejlettsége is nagyban befolyásolja. Az izomműködés energiaigényes folyamat, mely energiát az izomban lezajló biokémiai reakciók biztosítanak. A reakciók közül a legfontosabb a glikogén lebontása tejsavvá. Az izomműködés során a glikogénkészlet fogy, amit az izmok a vérből felvett glükóz glikogénné építésével pótolnak.

Vérdopping és az oxigénszállító kapacitás növelése

A vérdopping nem dopping anyag, hanem egy tiltott módszer. Lényege, hogy a sportolótól a versenyt megelőzően vért vesznek, és tárolják néhány hónapig. A sportoló vérmennyisége egy bizonyos idő után ismét eléri a vérvétel előtti szintet, s akkor a verseny előtt kb. egy héttel, a

korábban levett vért transfúzió formájában visszaadják. Az oxigénszállító kapacitás növelésére használatosak más mesterséges anyagok, például módosított hemoglobin származékok is. A vérdopping megnöveli a vörösvérsejtek számát, és ezáltal a vér oxigénszállító kapacitását. Az oxigénszállító képesség javulása az aerob állóképesség javulását eredményezi, ami döntő fontosságú néhány sportágban, mint például a kerékpározás, vagy a távfutás. Az eljárás kockázata, hogy a vérdopping révén megemelt vérmennyiség fokozza a vérrögképződésre való hajlamot, megterheli a vérkeringést, mivel sűrűbb folyadékot kell a szívnek pumpálnia, de fokozhatja a fertőzés (HIV, hepatitis) veszélyét is. Izomgörcsről általában akkor beszélünk, ha az összehúzódás szabálytalan, ritmus nélküli. Ilyenkor a miozin az aktinszálat nem tudja elengedni, hogy ez bekövetkezhesen többek között kalciumra van szükség

## 8. Az élőlények mozgása – növények

Az élővilágban megfigyelhető mozgásokat több szempont szerint csoportosíthatjuk.

Az egyik csoportosítás azt veszi figyelembe, hogy az adott élőlény mozgása energiaigényes vagy sem. Az állatok többsége mozgásához energiát használ, repül, fut, úszik, mászik ez az un. **aktív mozgás**. A növények nem képesek aktív mozgásra, magjuk szállításához "segítőkre" van szükségük, ez a **passzív mozgás**.

### 8.1 Döntsd el az alábbi szituációkról, hogy aktív vagy passzív mozgások!

- A kutya bőrébe fúródott kullancs eljutása a kutyaháztól az utcáig.
- A hernyó eljutása a virág szárától a leveléig.
- A ponty eljutása a víz fenekéről a víz felszínéig.
- Az ember nadrágjára tapadt bogáncs termésének eljutása a mezőről a fürdőszobáig.



A mozgás másik csoportosítása azt veszi alapul, hogy a mozgás során az élőlény megváltoztatja-e a helyet vagy sem. A Nap sugarait követő napraforgó helyét nem változtatja, csak a helyzetet. Ezt **helyzetváltoztató mozgásnak** nevezzük. A zsákmány után szaglászó farkas barangolása során jelentős utat tesz meg, megváltoztatja helyét. Ezt **helyváltoztató mozgásnak** nevezzük.

A továbbiakban a növények mozgásaival foglalkozunk.

Aktív és passzív mozgásra egyaránt képesek. Passzív mozgás valamilyen **külső környezeti tényező** hatására megy végbe, pl.

- szél, víz stb.
- a higroszkópos mozgás, amely elhalt növényi részekben vízfelvételével jön létre, a magvak elterjesztésében van szerepe (a száraz termésék víz hatására nyílnak fel),
- a kohéziós mozgások szintén elhaló félben lévő növényi részekhez köthető, vízvesztéses zsugorodással kapcsolatos mozgások, mint pl. a páfrányok spóratartó tokjainak, ill a zárvatermők portokjainak felnyílása.

A növények aktív mozgásához az energiát a növényi szervezet anyagcseréje biztosítja. Ennek egyik lehetséges csoportosítása az alábbi:

- Belső mozgások a szervezeten belül jönnek létre, mint pl. a szállítóelemekben a víz mozgása, a sejtek plazmaáramlása.
- Külső mozgások a növényi test egészének helyzet ill. helyváltoztatását jelentik.
  - Helyváltoztató mozgások csak az egysejtűekre jellemzőek, ezek ostorok segítségével jönnek létre.
  - Helyzetváltoztató mozgások a magasabb rendűeknél lehetnek
    - növekedési mozgások, amelyek az egyenlőtlen növekedésnek köszönhetően, hormonális hatásokra alakulnak ki.
    - Turgormozgások, ahol az egyes növényi szövetek víztartalmának változása váltja ki a mozgást, mint pl. a virágok nyitása-zárása az egyes napszakoknak megfelelően.

Tehát a növények helyzetváltoztató mozgásáért hormonok felelősek. A hormonok olyan kémiai anyagok, amelyek az élőlények egyes életműködéseit befolyásolják. Biztos hallottál már a serdülőkorban megjelenő hormonális változásokról. Fiúk arcszőrének megjelenése, hangjuk mélyülése stb.

A legismertebb növényi hormon az **auxin**, amely elsősorban a növények szárában termelődik. Az auxin akadályozza a növényi részek növekedését, fény hatására azonban lebomlik, így a növénynek mindig azon része növekszik, amely a fény felé van. Ha vízszintes irányba állítunk

egy szárat, az alsó részén halmozódik fel az auxin, a felsőn elbomlik, így felfele kezd el növekedni. Az auxin áramlásával magyarázható a napraforgó virágának napkövető mechanizmusa.

### **8.2 Fialtal hajtásos növényt kerítsetek körül fekete lappal úgy, hogy csak egy irányból érje fény.**

*A fény felé történő növekedés egy hét leforgása alatt is megfigyelhető.  
Ne felejtsetek locsolni!*

### **8.3 Milyen törzseit ismerted meg a növényvilágnak?**

A növények sikeres szaporodása érdekében elengedhetetlen, hogy ivarsejtjeik vagy magjuk, valamilyen módon egyik helyről eljusson a másikra. A mohák és a harasztok esetében a hímivarsejtek ostorral rendelkeznek, a petesejtet vízben úszva, aktív mozgással érik el. A nyitva- és zárvatermőknek hímivarsejtjei leggyakrabban szél, víz, vagy rovarok segítségével jutnak el a női virágokhoz. Vízmegporzás, szélmegporzás, rovarmegporzás.

Érdekes stratégiákat fejlesztettek ki a zárvatermők utódaik terjesztésére. A megtermékenyített női virágból termés fejlődik, s ez különböző módon terjed tovább. A kaszat (fészkes virágzatúak) és az iperlependék (juharfélék) termés a levegő mozgását kihasználva terjednek, míg a bogáncsfélék állatok szőrébe tapadva. Egyes bogyósok azt használják ki, hogy madarak, rágcsálók elfogyasztják bogyótermésüket, a magot azonban nem tudják megemészteni, így magjuk a fogyasztó székletében megtalálható lesz.



A juharfélék  
ikerlependék termése



A fagyöngy magjait a  
léprigó terjeszti miután  
elfogyasztotta termését



Léprigó

Meg kell említenünk még a növények ingerlékenységét, ami alatt azt értjük, hogy a környezet hatásaira valamilyen módon megváltoztatják működésüket. A környezet különféle hatásaira, ingereire leggyakrabban mozgás az ingerválasz, amely ha az ingerforrás felé történik +, ellenkező esetben -.

A környezet ingerei lehetnek:

- fény (foto-)
- hő (termo-)
- nedvesség (hidro-)
- érintés (tígmó-)
- gravitáció (geo-)
- kémiai (kemo-)

Abban az esetben, ha az inger, mozgást vált ki, és ez folyamatosan vezérelt helyváltoztató mozgás, akkor taxisról beszélünk.

- Fototaxis, az egysejtű moszatok fény felé mozgása,
- kemotaxis, a hímivarsejtek mozgása a petesejtek felé, (lombosmoháknél szacharóz, harasztoknál almasav)

A nasztia inger által kiváltott, de nem vezérelt helyzetváltoztató mozgás, azaz független az inger irányától.

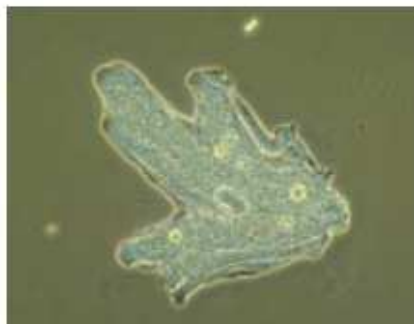
- termonasztia, a tulipán virágok nyitása-zárása,
- fotonasztia, ugyanaz fény hatására,
- tigmonasztia, az érintésre történő mozgás, pl. mimóza, rovarfogó növények.

A tropizmus inger által kiváltott és irányított helyzetváltoztató mozgás. Hormonális hátterű növekedési mozgás.

- Fototropizmus
- Geotropizmus
- Hidrotropizmus, mikor a növények gyökerei a nedvesség irányába nőnek.
- Tigmotropizmus, amelynek során pl. a futóbabszára feltekeredik a karóra. Ennek hátterében szintén az auxin egyenlőtlen eloszlása húzódik, amennyiben a növény szárában az érintkezési ponttal ellentétes oldalra áramlik és halmozódik fel az auxin ahol a sejtek erőteljesebb megnyúlását eredményezi, aminek következtében a szár felcsavarodik a karóra.
- Kemotropizmus. Erre jó példa a lucernán élősködő aranka, melynek magja a lucernától nem messze csírázva ki megérezzi a lucerna által kibocsátott gázokat, majd feléje nő. Mikor elérte szívógyökereket növeszt az arankába, miközben saját gyökereitől megszabadul.

## 9. Az állatok mozgása

Az egysejtűek egy része csillóval vagy ostorral változtatja helyét. Általánosságban elmondható, hogy a csillók rövidebbek, számuk több, akár száz vagy ezer is lehet. Az ostor általában hosszabb, és kevesebb van belőle. Érdekes mozgási jelenség az egysejtűeknél az állással történő mozgás. A rendkívül rugalmas sejthártya egy ponton kitüremkedik (álláb) és a sejt folyékony állománya, a sejtplazma áramlásnak indul, átáramlik a kitüremkedett részbe.



Szennyezett vizeinkben fontos baktériumpusztító a közönséges papucsállatka

A trópusi Afrika hírhedt kórokozója az álomkor ostoros

Hazai mocsarainkban, szennyvizeinkben gyakori az óriás amőba

Minderről azonban már beszéltünk a sejtek mozgása címszó alatt, éppen ezért a továbbiakban csak a soksejtű élőlényekkel, állatokkal foglalkozunk.

### 9.1 Ismételjük át az állatok törzseit! Már amelyikről említést tettünk!



A tengerek, tavak fenekén vagy fenekén levő tárgyakra tapadt szivacsok az állatvilág azon képviselői közé tartoznak, melyek nem végeznek helyváltoztató mozgást. A szivacsok életüket egyetlen helyen töltik (leszámítva a hajók fenekéhez tapadt szivacsokat, amelyek beutazzák az óceánt), un. **helytülő** életmódúak. Meglepő, de az állatvilág törzseinek többségében találunk ilyen életmódot folytató élőlényeket.

A csalánozók hidraalakjai többnyire helytülők, de karjaikat jól tudják mozgatni. A vázat nem termelő hidrák bukfencező mászásra képesek. A medúzák ernyőjük hirtelen összehúzásával vizet nyomnak ki a testük alól, így úsznak vagy lebegnek. A mozgást a mindkét sejtrétegben megtalálható úgynevezett hámizom sejtek végzik.



földigiliszta

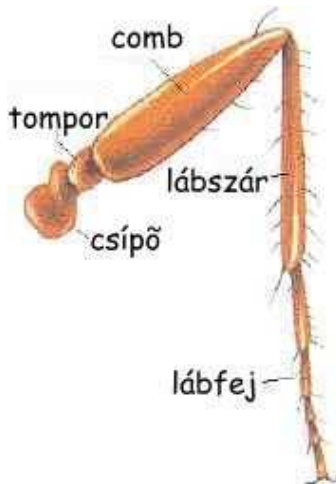


éti csiga



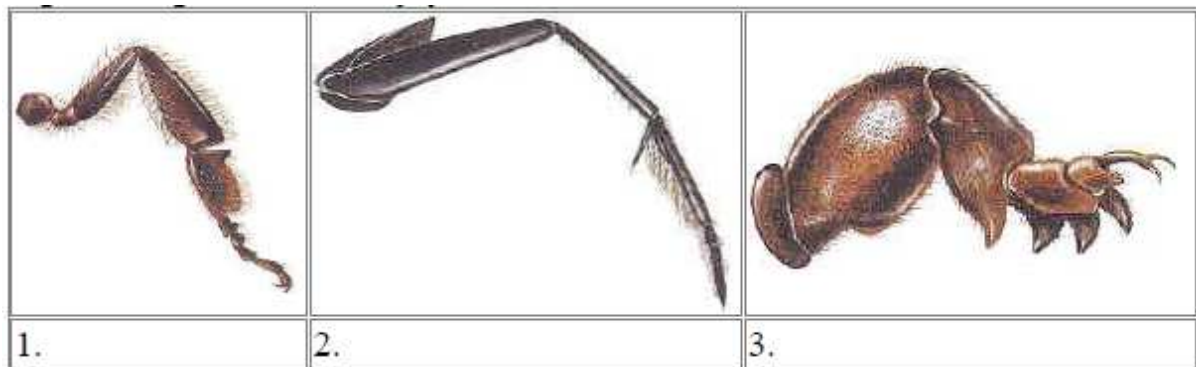
tintahal

A férgek és a puhatestűek (csigák, kagylók) bőrizomtömlővel mozognak. A bőrizomtömlő a kültakaró ("bőr") és az alatta levő izmok összenövéséből jött létre. Ez a mozgásforma rendkívül lassú előrejutást biztosít. A lábasfejúek (puhatestűek egyik csoportja) közé tartozó polipok, tintahal egy másfajta mozgást fejlesztettek ki. Testükbe vizet szívnak, majd hirtelen kipumpálják. A kiáramló víz a rakétaelv alapján viszonylag gyors előrejutást biztosít.



Földünk legelterjedtebb élőlénycsoportja, az **ízeltlábúak** mozgásszervükről kapták nevüket. A kitinből kialakuló, üreges, csőszerű izmek izmok kapcsolják össze. Az izmok megrövidülése (összehúzódása) eredményezi a lábak mozgását. Az ízelt lábak fürge mozgást biztosítanak, teherbírásuk azonban nem túl nagy. Az ízeltlábúak testméretének lábaik terhelhetősége is határt szab.

**9.2 Az alábbi képeken az ízeltláb különböző alkalmazkodásait láthatod. Párosítsd a képet, a lábtípus nevét és a fajnevet!**



A.) ásóláb; B.) futóláb; C.) "gyűjtőláb", D.) úszóláb

a.) lőtücsök; b.) házi méh; c.) kék futrinka, d.) sárgaszegélyű csíkbogár

Az ízeltlábúak leggazdagabb csoportja, a rovarok szárnyakat is fejlesztettek. A szárnyaknak legálabb három típusát különböztetjük meg. A hártyásszárny vékony, a szárnyerezet jól látszik. A fedőszárnyat (bogarak elülső szárnya) vastag kitinréteg borítja, míg a pikkelyes szárnyon (lepkék) apró kitinpikkelyek, tetőcserepszerű elhelyezkedése figyelhető meg. Számtalan rovarcsoport szárnya jellegzetességéről kapta nevet: hártyásszárnyúak, kétszárnyúak, bogarak (latinul kemény szárnyúak), lepkék (latinul pikkelyes szárnyúak), tegzesek (latinul szőrös szárnyúak).





**9.3 Töltsd ki az alábbi táblázatot az Állatismeret segítségével!**

rovarrend	fontosabb képviselőik	szárnyak	lábak
kétszárnyúak			
hártyásszárnyúak			
bogarak			
lepkék			
szitakötők			
tegzesek			
egyenesszárnyúak			
poloskák			

A halak és a vízi emlősök mozgását úszók segítik. Lényeges különbség, hogy a halak úszója nem végtagból fejlődött (sőt a végtagfejlődés megelőző stádiuma), a cetfélék (bálnak, cetek) úszója a korábban kialakult mellső (elülső lábak) és hátulsó (hátsó lábak) végtag elcsökevényesedésével alakult ki.

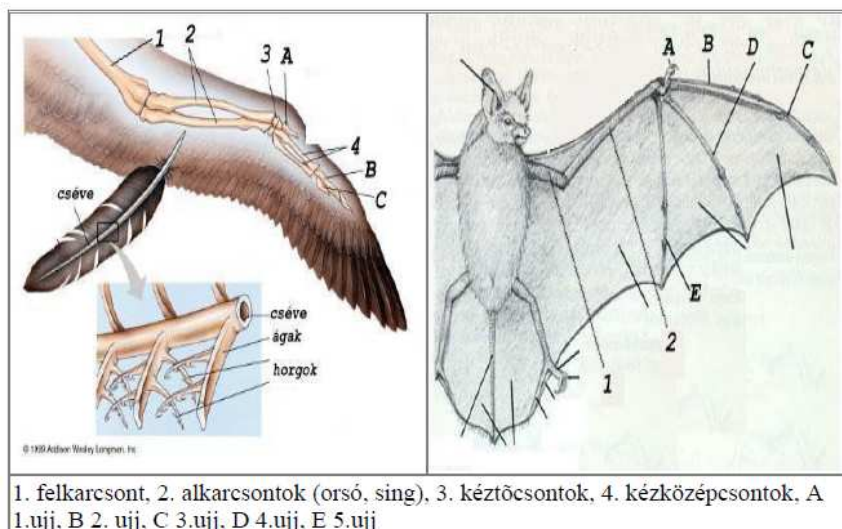
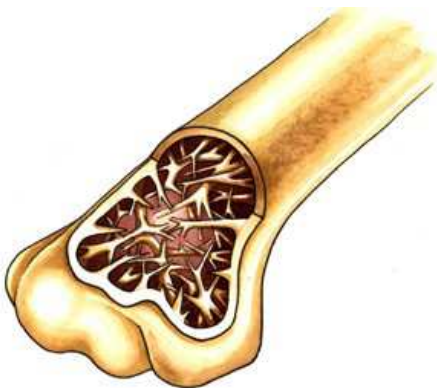


A kételtűek és a hüllők egyes csoportjainál nem figyelhető meg végtag (lábatlan kételtűek, hüllők-kígyók), ezek a fajok kígyózó mozgással haladnak előre, amelyet izmaik összehangolt,

ritmikus mozgása alakít ki. Más csoportjaiknál megjelennek a lábak, de ezek különösen a kétéltűeknél igen fejletlenek, gyengék. A farkos kétéltűek (gőtéek, szalamandrák) nem is képesek testüket felemelni, hasuk mindig súrolja a talajt. A békák (farkatlan kétéltűek) hátsó lába ugrólábba módosult. A szalamandrákhoz hasonló gyenge lábuk van a krokodiloknak (hüllők), a vízi teknősök lába az úszáshoz specializálódott.

A madarak legfőbb mozgástípusa a repülés. Mellső végtagjuk csontjai módosultak kialakítva a szárnyat. Testüket, így szárnyukat is tollak fedik, amelyek súlya rendkívül alacsony, ezzel is segítve a levegőbe emelkedést. A repülésben jelentős szerepe van üreges csontjaiknak, valamint a szegycsonton kialakuló jellegzetes csontkinövésnek a tarajnak. A taraj biztosítja a rendkívül fejlett szárnyizmok tapadását.

Az emlősök döntő többsége a szárazföldi, járó életmódhoz alkalmazkodott. Néhány csoporttól eltekintve lábujjaik végén karom figyelhető meg. A patásoknál a karom hiányzik (pata), a főemlősöknél pedig körömmé módosult. A patások lába a vágózó életmódhoz alkalmazkodott, míg a ragadozók többsége rugalmas és gyors futásra specializálódott. A főemlősök mellső végtagja, a szembe fordítható hüvelykujjnak köszönhetően fogásra is alkalmas, ennek köszönhető az eszközhasználat. A denevérek az emlősök egyetlen repülni képes csoportját képviselik. A madarakkal ellentétben nem a teljes mellső végtag alakult szárnyá, csupán ujjcsontjaik hosszabbodtak meg.



Az állatok viselkedésének fontos része a mozgásokkal kapcsolatos viselkedés. Ezt gyakran öröklött magatartásminták határozzák meg. Amennyiben a mozgásnak kitüntetett iránya van **taxis**nak nevezik. Jól ismert az éjszakai rovarok *pozitív fototaxisa* vagy a gömbászka (ismertebb nevén pincebogár, noha a rákok törzsébe tartozik) *negatív fototaxisa*. Ha a mozgás irányát valamilyen kémiai anyag szabja meg (pl. a táplálék vagy a nőstény illatanyaga), *kemotaxis*ról beszélhetünk.

### Összegzés

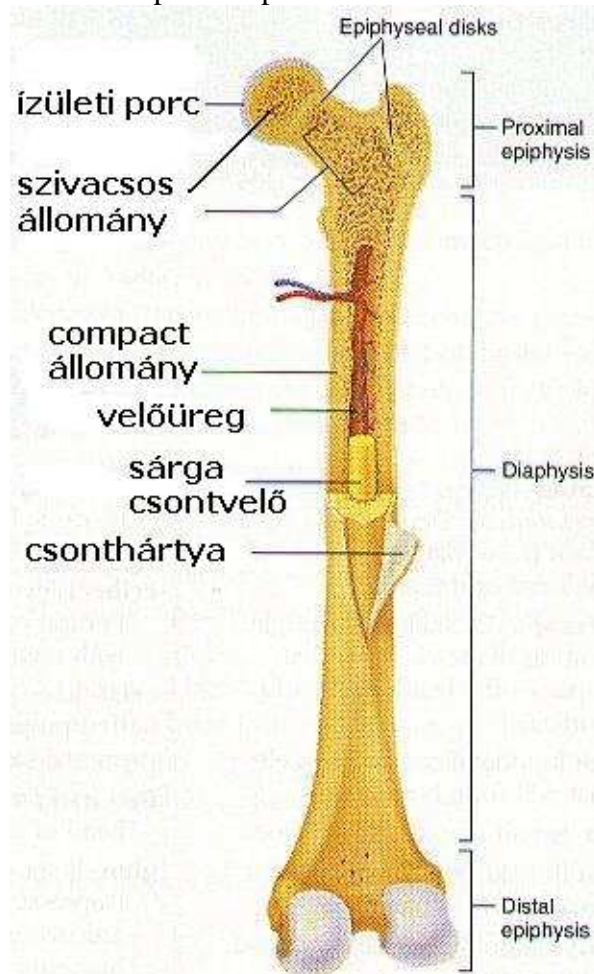
<b>Állatcsoportok</b>	<b>Mozgás végrehajtói</b>					
<i>Egysejtűek</i>	csilló, ostor, állláb					
<i>Szivacsok</i>	helytülő					
<i>Csalánozók</i>	hámizomsejtek (rakétaelv medúzaalakúak, bukfencező mozgás)					
<i>Gyűrűsféreg</i>	bőrizomtömlő(simaizom + kültakaró) ->féregmozgás					
<i>Puhatestűek</i>	láb → bőrizomtömlő elemeiből alakul ki					
<i>Ízeltlábúak</i>	külső kitinváz + belülről tapadó harántcsíkolt izmok					
- rákok	5 pár járóláb első ollókká módosult (magasabbrendűeknél)					
- rovarok	3 pár láb + 1 vagy 2 pár szárny					
- pókok	4 pár láb					
<i>Gerincesek</i>	koponya arc	agy	bordák	törzs	szegycsont	végtagok
- halak			vannak		nincs	páros úszók: - mellúszó, hasúszó páratlan úszók: - hátúszó, farokúszó, farok alatti úszó
- kétéltűek		agykoponya térfogata nő	fejletlenek		van	2 pár (békáknál a 2. ugró)
- hüllők			vannak		nincs van	2 pár (a kígyóknál hiányzik)
- madarak			vannak	van mellkas	tarajos	2 pár - mellső végtag szárny
- emlősök			vannak		van	2 pár

# 1. Az ember mozgása

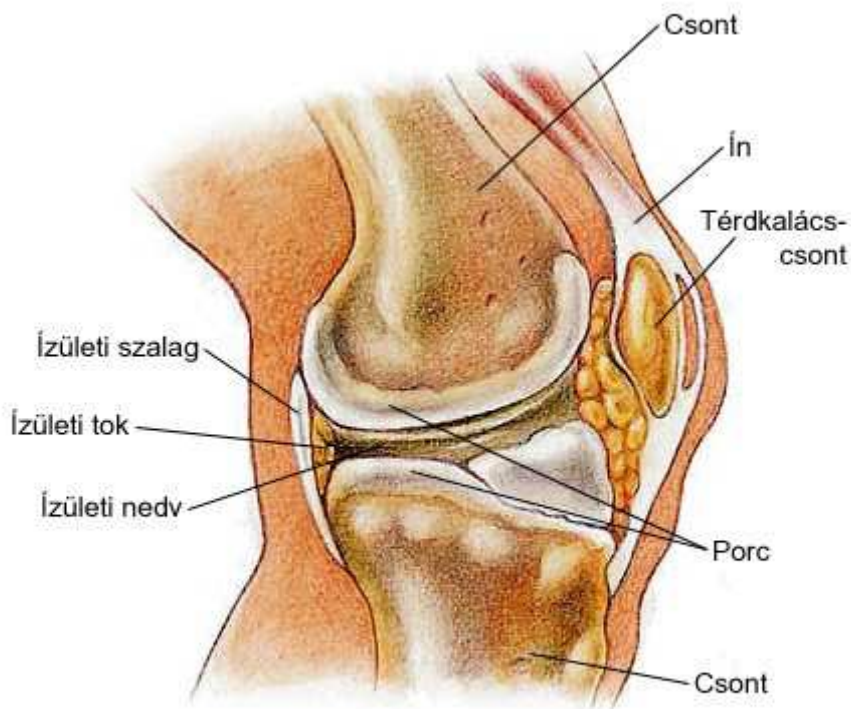
Az ember mozgásában a csontok és az izmok játszanak szerepet.

A csontok a mozgás szervrendszerének passzív részét képezik. A csontok szerepe, hogy védik a belső szerveket, egymással való kapcsolatuk segíti a test mozgását. Ezen kívül fontos szerepe van a testalak kialakításában és a vérképzésben. A csontok lehetnek alakjuk szerint csövesek, laposak, köbösök és szabálytalanok

Makroszkopikus képe:



A csontok kapcsolódásának két típusát különböztetjük meg: mozgatható és nem mozgatható. A csontok mozgatható kapcsolata az ízület. A csontvégeket az ízületi szalagok tartják össze. Az egymással érintkező, egymáson elmozduló csontvégek jelentős kopásnak vannak kitéve, ezért végeiket ún. üvegporc borítja, amely egy rendkívül ellenálló szövet. Az ízületi tok a súrlódás csökkentése érdekében ízületi nedvet termel.

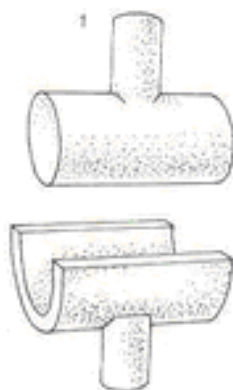


Az izmok inakkal kapcsolódnak a csontokhoz. Az izom mindig a törzshöz közelebbi csonton van. Az idegrendszer által szállított elektromos impulzus az ideg-izom kapcsolódásnál áttáradódik az izomra, az megfeszül (megrövidül), s az ízület behajlik.

A nem mozgatható csontösszenövéseknek három típusát különböztetjük meg:

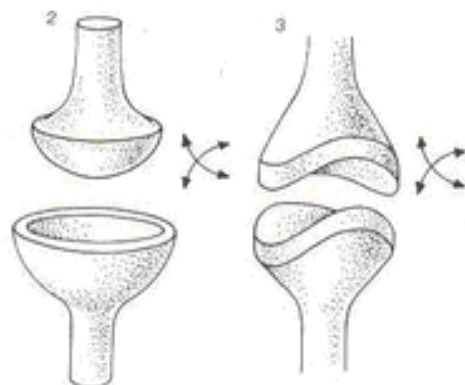
1. varratos összenövés pl.: koponyacsontok;
2. porcós összenövés pl.: bordákszegycsont;
3. csontos összenövés pl.: medence csontok (ülő, far, csípő).

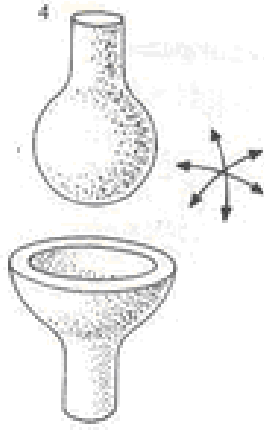
Térjünk vissza egy pár szó erejéig az ízületekre!



Az ízületeket a mozgásirányok és az ízfelszínének alakja szerint szokták csoportosítani. Az egytengelyű ízület csak egy irányba enged mozgást (ujjpercek). Az egyik ízfelszíne henger alakú, a másik ezt körülvevő félhenger.

A kéttengelyű ízület, két irányba enged mozgást. Ez a típus kétféle lehet. Egyik a tojásízület (csukló) a másik a nyeregízület (hüvelykujj).





A soktengelyű ízület köröző mozgást tesz lehetővé. Ilyen a combcsont és a medence ízülete. Itt az egyik csontvég gömbölyű, a másik ezt körülvevő, félgömb alakú mélyedéssel rendelkezik.

### Az ízületek mozgásai

Az izmok összehúzódásának hatására az ízületi mozgások úgy mennek végbe, hogy a porccal borított ízületi felszínek egymáson elcsúsznak, így a csontok eredeti térbeli helyzete megváltozik. Az ízületeknek azt az állását, amelyet a test álló helyzetében a felső végtagok laza lógatása mellett (a hüvelykujj előre néz), a fej előretekintő tartásában, zárt, párhuzamos alsó végtagok esetén elfoglalnak, alaphelyzetnek hívjuk. A mozgások elemzésénél mindig az alaphelyzetből indulunk ki. Minden ízületnek van egy olyan helyzete, amelyben az ízületi szalagok az ízület tokkal együtt egyenletesen ellazulnak, és az ízület a lehető legkisebb feszülésben van. Sérült, fájdalmas ízület esetében az ilyen helyzet a legjobban elviselhető. Ezt az ízületi állást nyugalmi helyzetnek vagy középállásnak nevezik. (Ez legtöbbször nem azonos az alaphelyzettel.) Az ízületi mozgások tengelyek körül történnek. Az ízületben különböző irányú mozgások mehetnek végbe.

#### a) Hajlítás:

az ízületekben levő csontok egymáshoz közelednek, az általuk bezárt szög kisebbedik

#### b) Feszítés:

az előbbi mozgás ellentéte: a csontok által bezárt szög növekszik. A teljes feszítés határa  $180^\circ$

#### c) Távolítás:

a végtagok a test középsíkjától, vagy a párhuzamos testrészek (ujjak) egymástól távolodnak.

#### d) Közelítés:

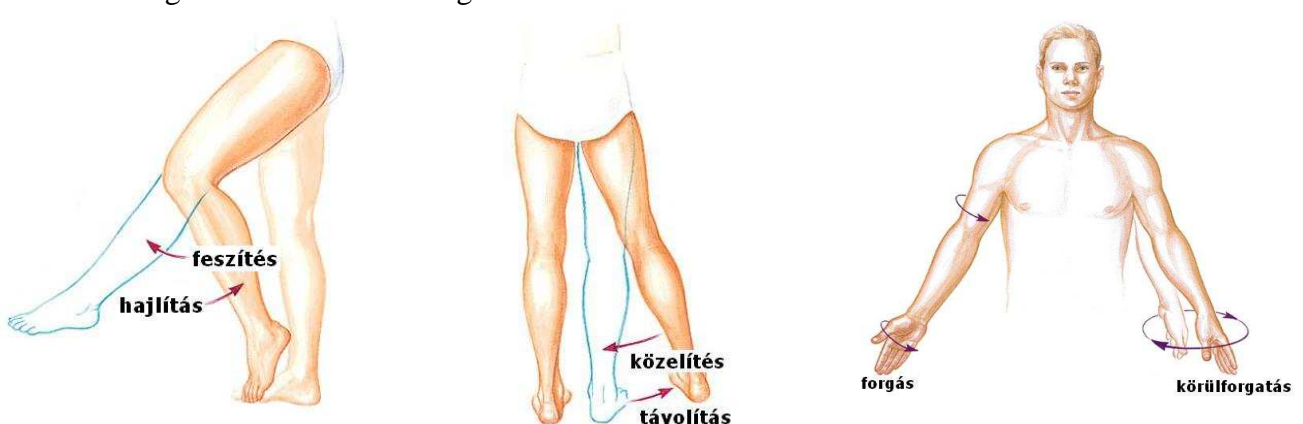
az előbbi mozgás ellentéte: végtagok a középsíkhöz, a párhuzamos testrészek egymáshoz közelednek.

#### e) Forgás:

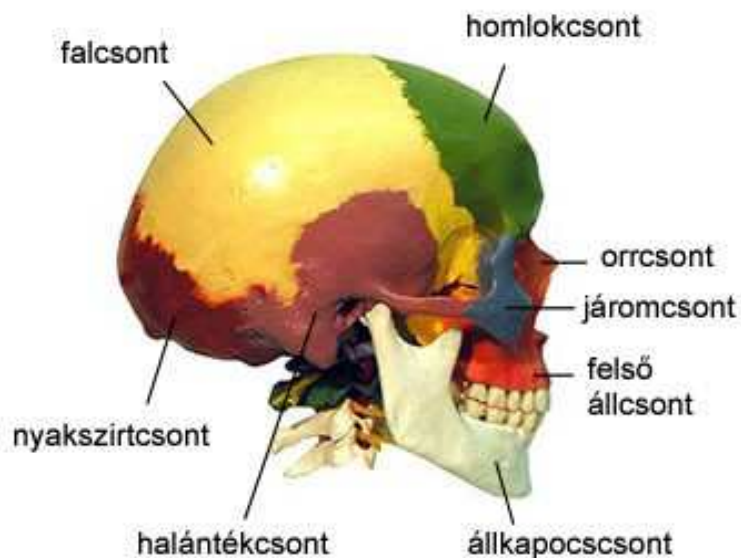
akkor jön létre, ha a mozgás egybeesik a csont saját tengelyével. *Kifelé forgás* alkalmával a csont (végtag) egy választott elöl fekvő pontja a középvonaltól távolodik. *Befelé forgatáskor* ez a "bizonyos pont" a középvonal felé közeledik.

#### f) Körben mozgás, körülforgatás, körözés:

Nem önálló mozgás, a különböző mozgások kombinációjaként jön létre. Speciális esete egy testrésznek, például a karnak a körzése, ilyenkor a kar egy kúppalátnak megfelelő felszínén mozog.



A koponya két részből áll: agykoponyából és arckoponyából. Az agykoponya csontja a homlokcsont, a két falcsont, a két halántékcson, a nyakszirtecsont és alul az ékcson. Az arckoponya csontja az orrcsont, a két könnycsont, a két járomcsont, a két felső állcsont (ebben van a felső fogsor) és az állkapocs (ebben ül az alsó fogsor). Az orrüreg belsejében vékony, csontos alapú felületnövelő lemezek (orrkagylók) található, amelyeknek részét alkotja a rostacsont; oldalsó, belső részét pedig az alsó orrkagylócsont. Az ekecsont a csontos orrsövény alsó, hátsó részét képezi, a szájpadcson pedig az orr- és a szájüreget választja el egymástól.



A törzs vázát a gerincoszlop alkotja. Hozzá 12 pár borda ízesül, amelyeket elől a szegycsont kapcsol össze. Ezek közül csak a felső 7 pár borda valódi borda, mert egyenként kapcsolódnak a szegycsonthoz. Az ez alatt lévő 3 pár borda csak porcosan kapcsolódik a szegycsonthoz, ezeket álborderának nevezzük. A maradék 2 pár borda egyáltalán nem kapcsolódik a szegycsonthoz, hanem az első 7 pár borda utolsó párjához kapcsolódik. Ezeket lengőborderának nevezzük. A gerincoszlop csigolyákból áll. A csigolyák felépítése jellegzetes. A has felé eső részük tömör csigolyatest, a hát felé eső részükön találjuk a gerincvelőt védő csigolyáívet, amelyen tövisnyúlványt és a két haránt nyúlványt különböztetjük meg. Összesen 35-37 csigolyánk van: 7 nyaki, 12 háti, 5 ágyéki, 5 keresztcsonti és 4-6 farokcsigolya. A nyakcsigolyák csigolyateste kicsi, és haránt nyúlványaik tövében egy-egy kis lyukat találunk. Két, fejbe futó artéria halad itt. A hátszigolyákat onnan ismerhetjük fel, hogy

csigolyatestükön és haránt nyúlványaikon van a bordák ízesülési helye. Az ágyékcsigolyák csigolyatestei feltűnően nagyok, a csigolyák maguk is vastagok. A keresztcsonti csigolyák egy egységes csonttá forrtak össze. A farok csigolyák az ember esetében 4-6, de ezek erősen elcsökevényesedtek. A csigolyatestek között kemény és rugalmas porckorongokat találunk. A porckorongok annyira széttárják a csigolyákat, hogy a csigolyák között mindkét oldalon 1-1 gerincvelői ideg tud kilépni.

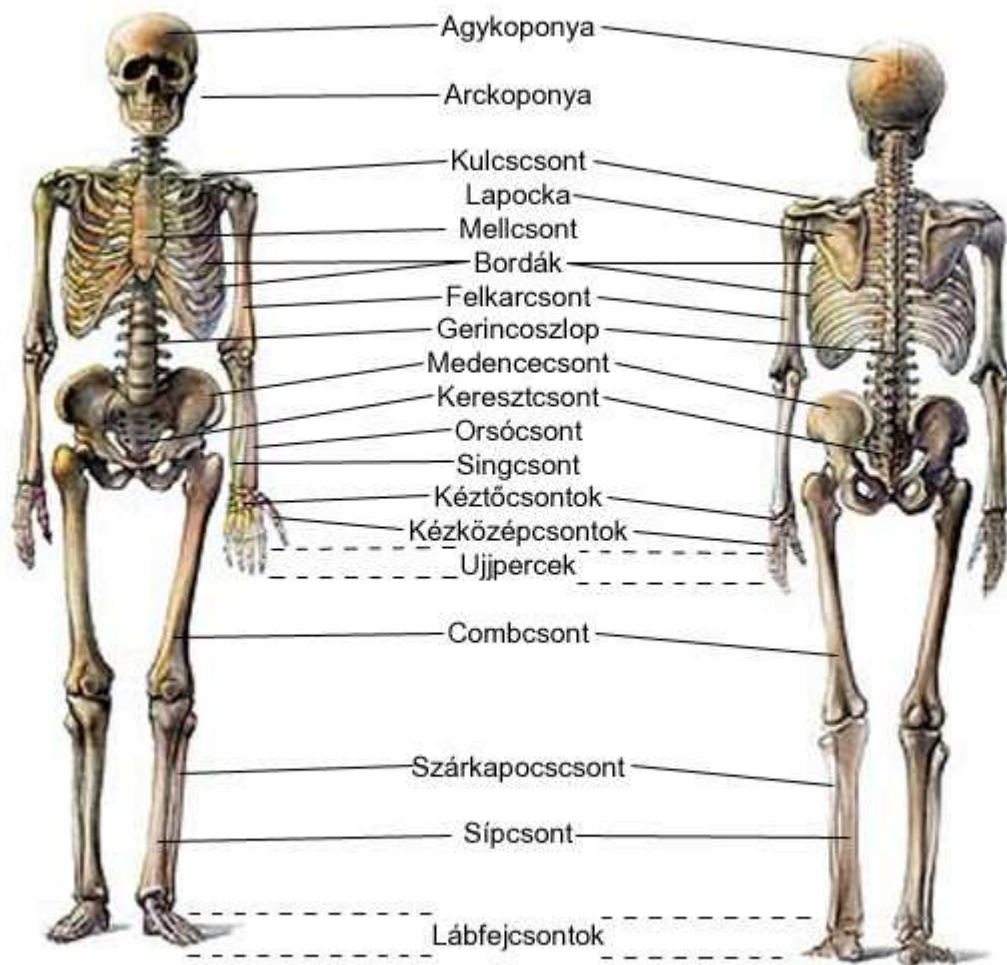
A végtagok váza függesztőövvel kapcsolódik a törzshöz. A felső végtag függesztőöve a lapocka és a kulcscsont. A lapocka a hát izomszövetébe ágyazódik, és a háton laposan fekszik. A felkarcsont a vállízületben a kulcscsonttal és a lapockával ízesül, a törzstől távolabbi végéhez pedig a singcsont és az orsócsont kapcsolódik. A singcsont nyúlványa a

könyök, valamint a csukló kisujj felőli bütyke. A csuklót 8 kéztőcsont alkotja. Innen indul az 5 kézközépcsont, ezek végén pedig a 14 ujjpercet találjuk. Az alsó végtag függesztőöve a medence, amely két medencecsontból és a csigolyák összenövéséből keletkezett keresztcsontból áll. A medencecsont 3-3 csontból nőtt össze: a csípőcsontból, az ülőcsontból és a szeméremcsontból. A combcsont gömbízületes kapcsolódású. A combcsont alatt az erősebb sípcsont és a vékony szárkapocscsontot találjuk. A vastag, erős combcsont és a vastag sípcsont nagy felületen érintkeznek. A térd hajlításakor a két, elég lapos, ízfelszín védtelenül maradna, ha előlről nem borítaná a térdkalácscsont. A sípcsont adja a belsőbokát, a szárkapocscsont a külsőt. A 7 lábőcsont egyike a sarokcsont. A lábfej elülső részét az 5 lábközépcsont és a 14 lábujjperc alkotja.

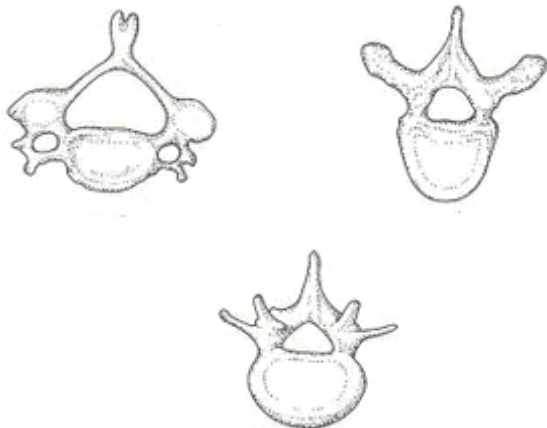
### Az ember (megtanulandó) csontjai

<i>Koponya</i>			
<i>arckoponya</i>		<i>agykoponya</i>	
orr csont		homlokcsont	
ékcson		falcsont	
járomcsont		halántékcson	
állcsont		nyakszirtecsont	
alsó állkapocs			
<i>Törzs</i>			
csigolyák	bordák	felső függesztő öv	alsó függesztő öv
nyaki (7)	7 pár valódi	kulcs csont	medence =
híti (12)	3 pár ál	lapocka	csípőcsont +
ágyéki (5)	2 pár lengő		szeméremcsont +
keresztcsonti (5)	szegycsont		ülőcsont
farok (4-6)			
<i>Felső végtag</i>		<i>Alsó végtag</i>	
felkarcsont		combcsont	
orsócsont		térdkalács	
singcsont		sípcsont	
kéztőcsontok		szárkapocscsont	
kézközépcsontok		lábőcsontok	
ujjpercek		lábközépcsontok	
		lábujjpercek	
		bokacsont	
		sarokcsont	

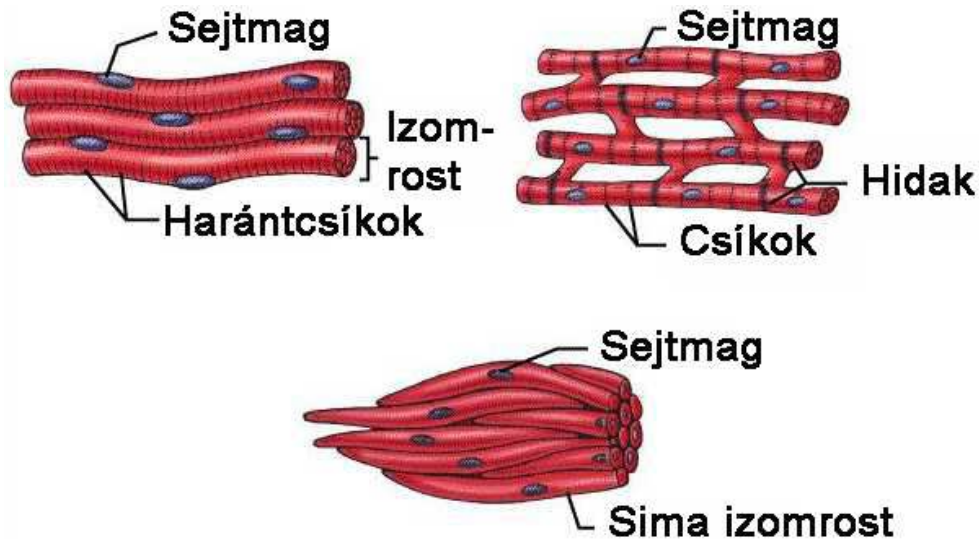




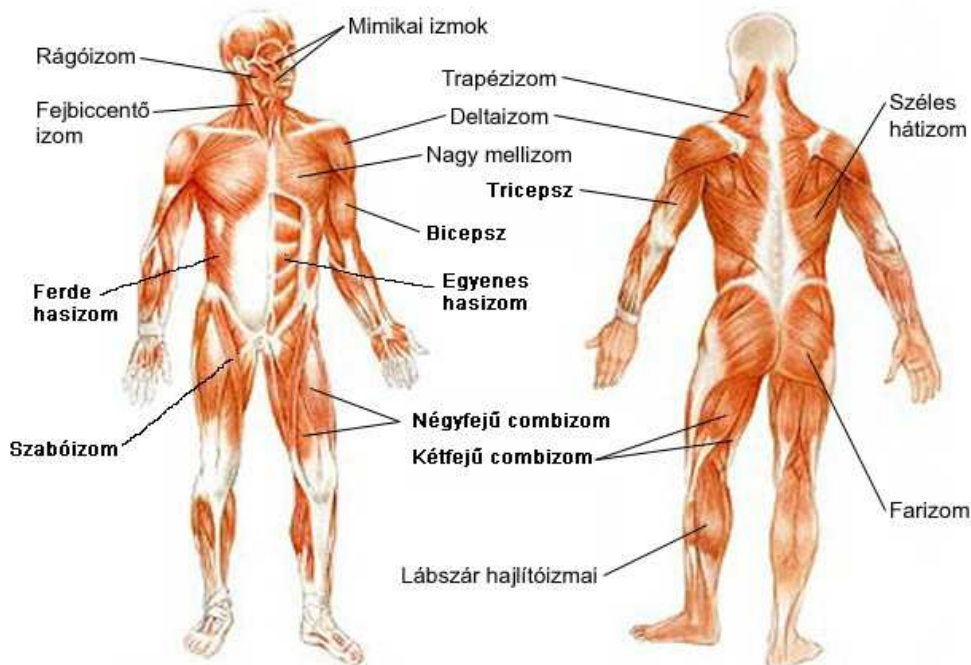
1. Milyen kapcsolódás van az agykoponya csontjai között?
2. Mi az agykoponya feladata?
3. Mit nevezünk agyrázkódásnak, miért veszélyes?
4. Hogyan nevezzük az első nyakcsigolyát?
5. Hogyan tudod megkülönböztetni a háti csigolyákat?
6. Hogyan tudod megkülönböztetni a keresztcsonti csigolyákat?
7. Mi a különbség a valódi, az ál- és a lengőbordák között?
8. Mi a bordák feladata?
9. Hogyan tudod megkülönböztetni a sing- és az orsócsontot?



Az izomszövetnek három típusát különböztetjük meg. A simaizom hosszú ideig képes, kis erő kifejtésére, ilyen izmok találhatók belső szerveinkben pl.: ereink, beleink. A harántcsíkolt izom rövid ideig, nagy erő kifejtésre képes, ide tartoznak a hétköznapi értelemben vett izmok, a vázizmok. A szívizom speciális szövet. Jellemzősége, hogy hosszú ideig, nagy erő kifejtésre képes, szívfalunk alkotója.



A fentiek alapján az ember mozgásában harántcsíkolt izmok vesznek részt.  
**Az ember (megtanulandó) izmai**



Fontosabb izmaink: mimikai izmok, rágóizmok, deltaizom, bicepsz, tricepsz, alkar hajlítói izmai, alkar feszítő izmai, egyenes hasizom, ferde hasizom, ferde hasizom, nagy farizom, négyfejű combizom, kétfejű combizom, szabóizom, hátulsó lábszárizom (vádli, lábikra), elülső lábszárizom.