

# **Newton törvények és a gravitációs kölcsönhatás**

(Vázlat)

1. Az inerciarendszer fogalma
2. Newton I. törvénye
3. Newton II. törvénye
4. Newton III. törvénye
5. Erők szuperpozíciójának elve
6. Különböző mozgások dinamikai feltétele
  - a) Egyenes vonalú egyenletes mozgás
  - b) Egyenes vonalú egyenletesen változó mozgás
  - c) Egyenletes körmozgás
  - d) Egyenletesen változó körmozgás
  - e) Harmonikus rezgőmozgás
7. Gravitációs kölcsönhatás
8. Cavendish kísérlete
9. Fizikatörténeti vonatkozások

## Az inerciarendszer fogalma

A testek mozgásának leírásához vonatkoztatási rendszerre van szükség. A vonatkoztatási rendszernek két fajtája van:

- **tehetetlenségi rendszer, másképpen inerciarendszer,**
- **gyorsuló vonatkoztatási rendszer.**

### Inerciarendszer fogalma

**Inerciarendszernek** nevezünk minden olyan vonatkoztatási rendszert, amelyben egy test mozgásállapotának megváltoztatásához erőre van szükség.

- Az inerciarendszerek egyenértékűek. Ez azt jelenti, hogy egy jelenség függetlenül attól, hogy melyik inerciarendszerhez viszonyítva írjuk le, azonos módon játszódik le.
- Minden inerciarendszer egymáshoz képest nyugalomban van, vagy egyenes vonalú egyenletes mozgást végez. Ezt a gondolatot Galilei fogalmazta meg.

### Gyorsuló vonatkoztatási rendszer

- Az olyan vonatkoztatási rendszert, amelyben külső erő nélkül is megváltozhat a test mozgásállapota, gyorsuló vonatkoztatási rendszernek nevezzük.
- Ilyen vonatkoztatási rendszerben a nyugalom dinamikai leírásához tehetetlenségi erőket kell alkalmazni.

## Newton I. törvénye, a tehetetlenség törvénye

A **tehetetlenség** a testek elidegeníthetetlen tulajdonsága. *Annak a testnek a nagyobb a tehetetlensége, amely sebességének megváltoztatásához nagyobb erőre van szükség.*

A testek mozgásállapotának megváltoztatásához inerciarendszerben erőre van szükség. Ezt fogalmazta meg Newton az első törvényében.

**Minden test megtartja nyugalmi állapotát, vagy egyenes vonalú egyenletes mozgását, amíg arra egy másik test vagy mező erőt nem gyakorol.**

## **Newton II. törvénye, a dinamika alaptörvénye**

A második törvény a mozgásállapot-változás és az erő kapcsolatát fogalmazza meg.

**Az erő megegyezik a lendületváltozás sebességével.**

$$\mathbf{F} = \frac{\Delta \mathbf{I}}{\Delta t}$$

Állandó tömeg esetén a törvény másképp is megfogalmazható.

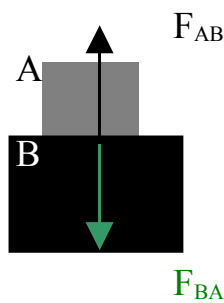
**A testre ható erő egyenesen arányos az általa létrehozott gyorsulással, az arányossági tényező a tömeg.**

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

## Newton III. törvénye, hatás-ellenhatás törvénye

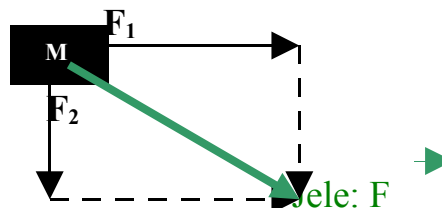
**Ha A test erőt gyakorol a B testre, akkor a B test is erőt gyakorol az A testre. A két erő egyenlő nagyságú, közös hatásvonalú, de ellentétes irányú.**

Mivel az erő és az ellenerő mindig különböző testekre hat, nem lehet őket összegezni.



## Az erő szuperpozíciójának elve

**Ha a testre egyidejűleg több erő hat, akkor a test úgy viselkedik, mintha rá csak egyetlen erő hatna, az erők vektori eredője.**



## Különböző mozgások dinamikai feltétele

Különböző mozgások dinamikai feltétele Newton II. törvényéből levezethető.

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

### a) Egyenes vonalú egyenletes mozgás

Ha egy állandó tömegű test egyenes vonalú egyenletes mozgást végez, akkor annak gyorsulása nulla.

m	a	$\mathbf{F} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{a}$
állandó	nulla	<b>nulla</b>

**Egyenes vonalú egyenletes mozgás dinamikai feltétele, hogy a testre ne hasson erő vagy a testre ható erők eredője nulla legyen.**

### b) Egyenes vonalú egyenletesen változó mozgás

Egyenes vonalú egyenletesen változó mozgás esetén a gyorsulás nagysága és iránya állandó.

m	a		$\mathbf{F} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{a}$	
állandó	nagyság	irány	nagyság	irány
	állandó	állandó	<b>állandó</b>	<b>állandó</b>

**Egyenes vonalú egyenletesen változó mozgás dinamikai feltétele, hogy a testre állandó nagyságú és irányú eredőerő hasson.**

### c) Egyenletes körmozgás

Egyenletes körmozgás esetén a centripetális gyorsulás nagysága állandó, iránya minden pillanatban a kör középpontja felé mutat.

$$\mathbf{a}_{cp} = \mathbf{r} \cdot \boldsymbol{\omega}^2 = \frac{\mathbf{v}_k^2}{\mathbf{r}} = \mathbf{v}_k \cdot \boldsymbol{\omega}$$

m	$\mathbf{a}_{cp}$		$\mathbf{F} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{a}_{cp}$	
állandó	nagyság	irány	nagyság	irány
	állandó	kör középpontja felé mutat	<b>állandó</b>	<b>kör középpontja felé mutat</b>

Egyenletes körmozgást akkor végez egy test, ha a ráható erők eredője állandó nagyságú és iránya minden pillanatban a kör középpontja felé mutat.

#### d) Egyenletesen változó körmozgás

Pontszerű test egyenletesen változó körmozgásához olyan **eredőerő** szükséges, amely két komponensből áll.

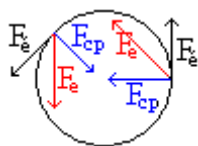
##### 1. Érintő irányú erő:

- a pálya menti sebességet változtatja,
- nagysága állandó,
- iránya mindig érintő irányú.

##### 2. Centripetális erő:

- körpályán való maradáshoz szükséges erő,
- nagysága az idő négyzetével arányosan változik,
- iránya mindig sugár irányú.

Az eredőerőt Pitagorasz-tétellel számoljuk ki.



$$F_e = m \cdot a_e = m \cdot r \cdot \beta = \text{áll.} \quad (a_e = r \cdot \beta)$$

$$F_{cp} = m \cdot a_{cp} = m \cdot \omega_t^2 \cdot r = m \cdot r \cdot \beta^2 \cdot t^2 = \text{változó (mert } t \text{ változik!)}$$

$$F_e = \sqrt{F_{cp}^2 + F_e^2}$$

## e) Harmonikus rezgőmozgás

Harmonikus rezgőmozgás létrejöttének dinamikai feltétele az, hogy a testre olyan eredőerő hasson, ami a kitéréssel arányos, de vele ellentétes irányú.

- Rezgőmozgás esetén a test gyorsulása a kitéréssel arányos, de vele ellentétes irányú.

$$\mathbf{a} = -\omega^2 \cdot \mathbf{y}$$

- Így:

$$\mathbf{F} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{a} = \mathbf{m} \cdot (-\omega^2 \cdot \mathbf{y}) = -\mathbf{m} \cdot \omega^2 \cdot \mathbf{y}$$

Az  $\mathbf{m} \cdot \omega^2$  szorzat a rugóállandó, amelyet D-vel jelölünk.

$$\mathbf{F} = -\mathbf{D} \cdot \mathbf{y}$$

## Gravitációs kölcsönhatás

Tömeggel rendelkező testek között fellépő kölcsönhatást Newton fogalmazta meg.

Bármely két tömeggel rendelkező test között fellép a gravitációs erő.

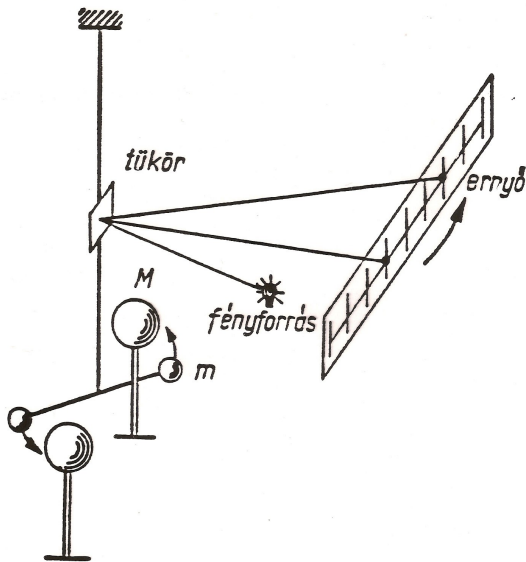
Ez az erő egyenesen arányos a két test tömegének szorzatával, és fordítottan arányos a két test közötti távolság négyzetével. Az arányossági tényező a gravitációs-állandó.

$$\mathbf{F} = \gamma \cdot \frac{\mathbf{m}_1 \cdot \mathbf{m}_2}{\mathbf{r}^2}$$

A gravitációs-állandót Newton felismerését követően, majdnem 100 évvel később, Cavendish állapította meg.

# Gravitációs állandó meghatározása

## Cavendish-kísérlet



- Cavendish torziós szálra egy tükört és egy pálcát erősített, és arra szimmetrikusan két  $m$  tömegű testet.
- Ezt követően  $r$  távolságra  $M$  tömegű testet helyezett el.
- A gravitációs erő hatására a torziós szál elcsavarodott.
- Az elcsavarodás szögét a torziós szálon lévő tükörrre vetített fénysugár segítségével mérte.
- Ebből kiszámolta a gravitációs erőt, és az  $M$ -et,

$m$ -et,  $r$ -t megmérte. Így meghatározható a gravitációs állandó.

$$\gamma = \frac{F \cdot r^2}{M \cdot m} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$$



## Fizikatörténeti vonatkozások

### NEWTON, SIR ISAAC (1642-1727)

Angol fizikus, matematikus, csillagász, filozófus, alkimista



Angol fizikus, matematikus.

1642-ben született, 1727-ben halt meg.

Kisbirtokos fia. Apja még születése előtt meghalt.

18 évesen került Cambridge-be. Az egyetemet 1665-ben bezárták pestisjárvány miatt. Newton ekkor szülőfalujában folytatta munkáját. Felfedezte a [binomiális tételt](#), a [differenciálszámítást](#); szakdolgozatát a színekről írta.

A járvány elmúltával visszakerült az egyetemre, de már tanárként. A fényről tartott előadásai nyomán készült el az [Optika](#) c. művének első kötete.

1671-ven mutatta be a Királyi Társaság tagjainak [tükrös távcsövet](#). Óriási sikert aratott, sőt taggá is választották. 1672-ben egy dolgozatot is készített a fényről és a színekről. Ezt általában kedvezően fogadták, csak Hooke mondott róla lesújtó véleményt. Legjelentősebb műve a **PRINCIPIA**. Ebben írja le három törvényét. Itt fejt ki álláspontját a gravitációs kölcsönhatásról. Nézetét a Holdnak és a Jupiter holdjának mozgásával bizonyította. Ez a könyv nemzetközi hírt szerzett Newtonnak.

1703-tól a Királyi Társaság elnöke volt.

1704-ben jelent meg az Optika átdolgozott kiadása.

1705-ben Anna királynő lovaggá ütötte.

1706-ban megjelent az Optika latin fordítása.

### CAVENDISH, HENRY (1731-1810)

Angol fizikus és vegyész



Különbféle szakterületeken végzett kísérleteket, többek között felfedezte a levegő összetételét, a hidrogén tulajdonságait, bizonyos anyagok fajhőjét, a víz összetételét és az elektromosság számos tulajdonságát. Egy különleges eljárással – amelyet ma Cavendish-kísérletnek nevezünk – meghatározta a Föld tömegét és sűrűségét. Negyven évesen nagy vagyont örökölt, de továbbra is szegényesen élt, a pénzt könyvekre és fizikai eszközökre költötte. Nagy könyvtárat gyűjtött össze, amelyet később megnyitott tudóstársai előtt.