

Fizika közép szintű érettségi témakörök kidolgozásai 2023-tól

Közép szintű érettségi:

- Tankönyv: https://www.tankonyvkatalogus.hu/site/kiadvany/OH-FIZ910TB_I
- Tankönyv: https://www.tankonyvkatalogus.hu/site/kiadvany/OH-FIZ910TB_II
- Érettségi feladatok tematikusan: <https://kemfiz.hu>

Emelt szintű érettségi:

- Tankönyv: <https://www.tankonyvkatalogus.hu/site/kiadvany/OH-FIZ910E>
- Tankönyv: <https://www.tankonyvkatalogus.hu/site/kiadvany/OH-FIZ1112E>
- Kísérletek videón:
https://fizipedia.bme.hu/index.php/K%C3%ADs%C3%A9rleti_vide%C3%B3k

Tartalomjegyzék

1. Kinematika, haladó mozgások (egyenletes, változó).....	2
2. Dinamika, az erő (Newton törvények, erő törvények)	5
3. Mechanikai egyensúly (forgatónyomaték), egyszerű gépek	7
4. Munka, teljesítmény, energia	9
5. Folyadékok és gázok mechanikája	11
6. Hőtágulás (szilárd testek, folyadékok)	13
7. Ideális gázok állapotváltozásai	15
8. Halmazállapot-változások, fajhő	17
9. Elektrosztatika (elektromos töltés, elektromos mező).....	20
10. Elektromos áram (áramkör)	23
11. Mágneses mező	26
12. Az elektromágneses indukció	28
13. Periodikus mozgások (körmozgás, rezgések).....	30
14. Hullámok (hang)	32
15. Geometriai optika (tükrök, lencsék)	34
16. Optika (A fény, optikai eszközök)	36
17. Az atom szerkezete, atommodellek	38
18. Magfizika (maghasadás, radioaktivitás).....	41
19. Gravitációs mező, Kepler törvények.....	45
20. Csillagászat (Csillagrendszerünk és a világegyetem szerkezete)	47

Miért mérünk mindent 10x le/meg egy kísérletben?

- Amikor egyszer mérünk, akkor hatalmas lehet a mérési hiba, a mérési hiba aránya a mérés során. Viszont amikor 10x mérünk, akkor egy-egy mérési hiba tizedelődik, így arányaiban jóval kisebb lesz ez az érték, a hiba. Mérési hiba lehet: mérőeszköz pontossága, abszolút hiba, relatív hiba, rendszeres (szisztematikus) hiba, véletlen hiba.

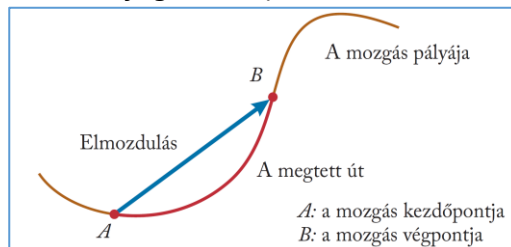
Készítette: Kelemen Egon, fizika (természettudományi gyakorlatok) – földrajz tanár

1. Kinematika, haladó mozgások (egyenletes, változó)

Kinematika: A mozgások leírásával és osztályozásával foglalkozik, de nem vizsgálja azok okát.

Vonatkoztatási rendszer: Olyan koordináta-rendszer, aminek a vonatkoztatási pont az origója.

- Nyugalom: A test mozgása megegyezik a vonatkoztatási rendszerrel.
- Mozgás: A test helyzete változik a vonatkoztatási rendszerhez viszonyítva. Tehát a mozgás relatív, attól függ, mihez viszonyítunk. $\Delta = \text{változás} = \text{későbbi} - \text{korábbi}$
 - Ez lehet: haladó, forgó, összetett
- Mozgás térbeli jellemzői: (Az időbeli jellemzőivel a relativitás foglalkozik)
 - **Pálya:** A test által mozgás közben érintett pontok határozzák meg.
 - **Út:** (Jele: s) A pálya egy adott részének a hossza, amit megtett.
 - **Elmozdulás:** A kezdőponttól a végpontba mutató vektor.
- Fizikai mennyiségek csoportosítása:
 - Skalármennyiség: nagysága jellemzi. (pl: egy szám, tömeg, idő, hőmérséklet)
 - Vektormennyiség: nagysága és iránya jellemzi. (pl: út, sebesség, erő)



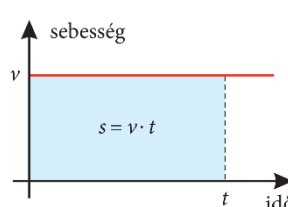
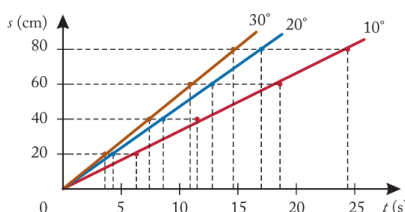
Egyenes vonalú egyenletes mozgás: A mozgás pályája egyenes és a mozgó test egyenlő idők alatt egyenlő utakat tesz meg. (Természetben ilyen egyszerű mozgás nagyon kevés van)

- A megtett út és az út megtételéhez szükséges idő között egyenes arányosság van. A kettő hányadosa egy állandót határoz meg. Ennél a mozgásnál az út és az idő hányadosa által meghatározott fizikai mennyiséget sebességnek nevezzük.
- **Sebesség:** $\frac{\Delta s}{\Delta t} = \text{konstans}$ (állandó) = \vec{v} $[v] = \frac{m}{s}$

$1 \frac{m}{s} \xrightarrow{-3,6} 1 \frac{km}{h}$
 $1 \frac{km}{h} \xleftarrow{-3,6} 1 \frac{m}{s}$

 - Annak a testnek nagyobb a sebessége, amelyik ugyanannyi idő alatt hosszabb utat jár végig, vagy ugyanakkora utat rövidebb idő alatt tesz meg.
 - **Sebességvektor:** A sebességnek van iránya is, nem csak nagysága.

- **Grafikonjai:** (Mikola csöves méréseknek) $v - t$ grafikon alatti terület mértékének a száma megegyezik az út mérőszámával. ($s = v \cdot t$)

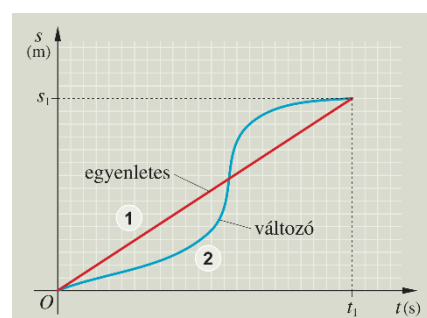


- Dinamikai feltétele: a testet érő erők eredője nulla legyen.

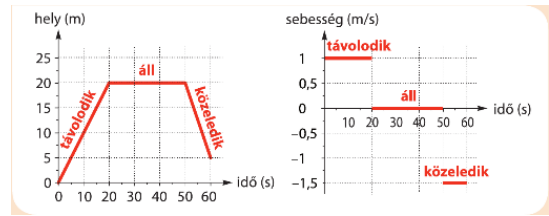
Változó mozgás: A mozgások többsége nem egyenletes, hanem változó mozgás. A változó mozgásokat nem lehet az egyenletes mozgásnál bevezetett fogalmakkal pontosan jellemezni.

- **Átlagsebesség:** Az a sebesség, amellyel egyenletesen mozogva ugyanazt az utat ugyanannyi idő alatt teszi meg, mint változó mozgással. $v_{\text{átl}} = \frac{s_{\text{összes}}}{t_{\text{összes}}}$

- Általában az átlagsebesség nem a sebességek átlaga $v_{\text{átl}} \neq \frac{v_1 + v_2}{2}$ Budapestről Derecenbe $150 \frac{km}{h}$ -val 2 óra alatt mentünk le. Visszafelé $50 \frac{km}{h}$ -val 4 óra alatt tettük meg. Az átlaguk $100 \frac{km}{h}$, de átlagsebesség kisebb, mert $50 \frac{km}{h}$ -val több ideig mentünk, mint $150 \frac{km}{h}$ -val.



- **Pillanatnyi sebesség:** az a sebesség, amivel egy test tovább haladna, ha a rá ható erők eredője nullára változna. (Nagyon rövid időre számított átlagsebesség.)



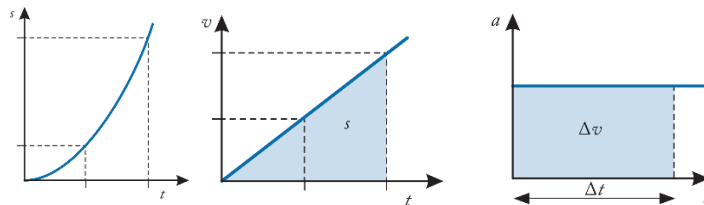
A gyorsuló mozgás nem a tétel része, de tudni kell!!

Egyenes vonalú egyenletesen változó mozgás: Ha egy test sebességének nagysága egyenlő időtartamok alatt ugyanannyival változik. Lejtőn leguruló golyó sebessége egyenlő időtartamok alatt, ugyanannyival változik.

- **Gyorsulás:** Az egyenletesen változó mozgásoknál egyenlő időtartamok alatt mindig ugyanannyival változik a sebesség. Azaz a gyorsulás: időegységre eső sebességváltozás.

$$\vec{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{\text{későbbi}} - v_{\text{korábbi}}}{t_{\text{későbbi}} - t_{\text{korábbi}}} \quad [a] = \frac{m}{s^2}$$

- **Vektormennyiség.** Iránya a sebességváltozás irányával egyenlő. Ha számértéke negatív, akkor iránya ellentétes -> lassuló gyorsulás.
- **Grafikonjai:** $s - t$ grafikon alakja négyzetes (parabola). $v - t$ grafikon alatti terület az út. $a - t$ grafikon alatti terület a sebesség változás.



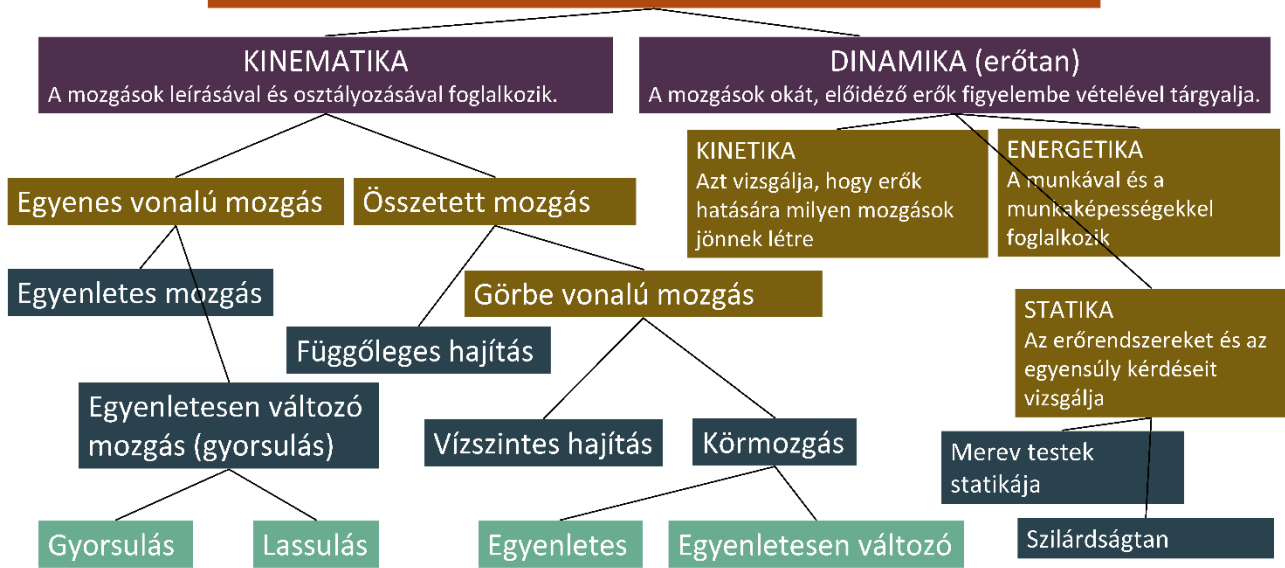
	Kezdő sebesség nélkül $v_0 = 0$	Kezdő sebességgel $v_0 \neq 0$	Gyorsulás nélkül $a = 0$
Út	$s = 0 + \frac{1}{2} a \cdot t^2$	$s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$	$s = v_0 \cdot t + 0$
Sebesség	$v = 0 + a \cdot t$	$v = v_0 + a \cdot t$	$v = v_0 + 0$

- **Gyorsulás dinamikai feltétele:** A testet érő erők eredőjének nagysága változatlan legyen
- **Szabadesés:** Ha egy testre csak a gravitációs erő hat. Az egyenes vonalú egyenletesen változó mozgás speciális esete. Ha nem lenne légellenállás, a különböző testek a Föld egy adott pontján azonos gyorsulással esnének a föld felé.
 - Nehézségi gyorsulás (gyorsulás) $a = \vec{g}$ értéke MO-n: $g = 9,81 \frac{m}{s^2} \approx 10 \frac{m}{s^2}$
 - Értéke függ a földrajzi helytől és a tengerszint feletti magasságtól.

Fizikatörténeti vonatkozások:

- Mikola Sándor (1871-1945) A budapesti Tudományegyetemen szerzett matematika-fizika szakos tanári oklevelet, 1897-től nyugdíjazásáig, 1935-ig a budapesti evangélikus gimnázium tanára, 1928-tól igazgatója. A MTA levelező, majd rendes tagjává választotta. Kiváló pedagógus volt, tudományos munkássága főként a hangtanra és a dielektrikumok fizikájára terjedt ki. Kísérleti eszközöket tervezett. Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat a fizikatanítás miatt emlékdíjat alapított.
- Arisztotelész: (Kr. e. 384-322) Görög filozófus. Mindennapi élet megfigyeléseit összesítette. A mozgás folyamat, nem állapot. Ha nincs erőhatás akkor a test igyekszik a nyugalomra. (mintha a súrlódást nem lehetne megszüntetni). A nagyobb tömegű testek nagyobb gyorsulással esnek (Nem igaz). Geocentrikus világmépítő megalkotója.
- Galileo Galilei (1564-1642): Szülővárosában, Pisában orvosnak, majd Firenzében fizikusnak tanult. Elsőként tervezett és valósított meg távcsövet. Erősítette a heliocentrikus világméplet. Jelentős haladás a mozgások tanulmányozásában (lejtő, szabadesés).

Szilárd testek mechanikája



2. Dinamika, az erő (Newton törvények, erő törvények)

Dinamika: A mozgások okát vizsgálja, az erőt.

Arisztotelési (Ókori) dinamika: úgy gondolta, hogy a testek mozgása egy folyamat, melynek célja a nyugalom elérése. Szerinte a mozgás fenntartásához egy folyamatos hatás szükséges.

Newtoni dinamika: a mozgás egy állapot és a mozgás fenntartásához nem kell erő. Ha nincs külső hatás (esetleg a hatások kioltják egymást) akkor a testek ugyanúgy viselkednek, ahogy korábban is.

- **Erő:** Test és környezete között olyan kölcsönhatás, amely alak vagy mozgásállapot változást okoz. Mélni rugós erőmérővel lehet. (vektormennyiség) Jele: \vec{F} $[F] = N$
- **Newton 1. törvénye (tehetetlenség törvénye):** Minden test nyugalomban marad, vagy megtartja egyenes vonalú egyenletes mozgását, amíg egy másik test vagy mező el nem téríti. A nyugalmat és a mozgást a vonatkoztatási rendszerhez viszonyítjuk.
 - **Inerciarendszer:** Az olyan vonatkoztatási rendszereket, amelyekben teljesül a tehetetlenség törvénye. Az **inerciarendszerek egyenértékűek**. Ez azt jelenti, hogy minden jelenség, függetlenül attól, hogy melyik inerciarendszerhez viszonyítva írjuk le, azonos módon játszódik le bennük.
 - **Gyorsuló vonatkoztatási rendszer:** Azoknak a vonatkoztatási rendszereknek, amelyekhez viszonyítva a környezet hatása nélkül is megváltozhat a testek mozgásállapota. Ilyen vonatkoztatási rendszerben a nyugalom dinamikai leírásához tehetetlenségi erőket kell alkalmazni.

- **Newton 2. törvénye (dinamika alaptörvénye):** Az erő hatása a tehetetlen tömegre.

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

- Az egyik testnek könnyebb, a másiknak nehezebb megváltoztatni a sebességét. Arról a testről, amelyiknek nehezebb megváltoztatni a sebességét, azt mondjuk, hogy tehetetlenebb, nagyobb a tehetetlensége. Ennek a mértéke a tömeg.
- **Sűrűség:** Egységnyi térfogatban lévő tömeg. $\rho = \frac{m}{V}$ $[\rho] = \frac{kg}{m^3}$
- **Newton 3. törvénye (hatás-ellenhatás):** Ha egy test erőt fejt ki egy másikra, akkor a másik is erőt fejt ki az elsőre (ellenerő). A két erő egyenlő nagyságú, azonos hatásvonalú és ellentétes irányú. $F_{AB} = -F_{BA}$
- **Newton 4. törvénye (erőhatások függetlensége):** Ha egy testre egyszerre több erő hat, akkor ezek együttes hatása megegyezik a vektori eredőjük hatásával.

$$\sum_{i=1}^n F_i = F_1 + F_2 + \dots + F_n = F_{eredő}$$

- Egy adott testet egyszerre több erőhatás is érhet. Ezek az erőhatások helyettesíthetők egyetlen olyan erőhatással, amelynek ugyanaz a következménye. Ezt a helyettesítő erőhatást jellemző erőt eredő erőnek szokás nevezni.
- Az egymást metsző hatásvonalú erők eredője a paralelogramma-módszer alkalmazásával, vagy a sokszögmódszerrel határozható meg.

- **Mozgások dinamikai feltételei:**

- Egyenes vonalú egyenletes mozgás
- Egyenes vonalú egyenletesen változó mozgás

m	a	F = m · a
állandó	nulla	nulla

m	a		F = m · a	
állandó	nagyság	irány	nagyság	irány
	állandó	állandó	állandó	állandó

Erők fajtái, erőtvények: Az erőtvény nem magára az erőhatást kifejtő testre, hanem a kölcsönhatásban részt vevő test tulajdonságaira, képességeire jellemző.

- **Gravitációs erő:** A testek tömege hozza létre. Két tömeggel rendelkező test között vonzó hatás. Kétféle leírás: Newton és Einstein. **Newton:** $F_{gravitáció} = \gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$

- **Nehézségi erő:** Minden szabadon eső test $g = 9,81 \frac{m}{s^2} \approx 10 \frac{m}{s^2}$ gyorsulással esik a Föld középpontja felé. Ezt a hatást, a gravitációs vonzás és a Föld forgása alakítja ki.

$$F_{nehézségi} = m * a = m * g$$
 - Súly: Erő, amellyel a nyugalomban lévő test az alátámasztást nyomja, illetve a felfüggesztést húzza. (azaz a súly egy erőfajta, MÉRTÉKEGYSÉGE NEM KG)
 - Súlytalanság: A testre nehézségi erőn kívül semmilyen más erő nem hat. Azaz szabadesést végez. (pl: űrállomás, műholdak)
- **Rugóerő (lineáris erőtvény):** testek alakváltoztatása. Feszített állapotban a rugóerő az egyensúlyba kárja visszatéríteni. Nagysága függ a megnyúlástól. $\vec{F}_{rugó} = -D * \Delta \vec{\ell}$
 - D = (direkciós állandó) rugóállandó. Az erősebb rugóknál nagyobb, a gyengébbeknél kisebb, így alkalmas a rugók erősségének jellemzésére.
- **Súrlódás:** Az érintkező felületek egyenetlensége és a testek összenyomódása miatt fellépő erőhatás. Akadályozza a mozgást, azaz a mozgás irányával ellentétes.
 - **Csúszási:** A két felület egymáshoz képest mozog. $F_{s_{csúsz}} = \mu * F_{neh}$
 - **Tapadási:** A két felület egymáshoz képest nem mozog. $F_{stap} = \mu_0 * F_{neh}$
 - $F_{stap} > F_{s_{csúsz}}$
 - **Gördülési:** A felület a rá nehezedő kerék nyomására kissé benyomódik a felületbe így a kerék mindig egy kis emelkedőn kell túljutnia. $F_{sgörd} = \mu_g * F_{neh}$
- **Közegellenállás:** A közeg (pl. levegő, víz) olyan erőhatást, amely csökkenteni igyekszik a test és a közeg egymáshoz viszonyított sebességét. A közeg részecskéi nekiütköznek a mozgó testhez. Erőhatás függ a sebességtől, alaktól, felülettől, közeg sűrűségétől.

Lendület (Impulzus) megmaradás törvénye:

$$\sum I_{előtte} = \sum I_{után} \quad m_1 * v_1 + m_2 * v_2 = m'_1 * v'_1 + m'_2 * v'_2$$

Fizikatörténeti vonatkozások:

Isaac Newton (1643–1727)

Olvasmány



Angol természettudós, matematikus, fizikus. A Cambridge-i Egyetemen, a Trinity College-ban tanult. 1665-ben a pestisjárvány miatt bezárták az egyetemet, ekkor szülőfalujába vonult vissza. Itt fedezte fel híres törvényeit. Az egyetem újraindulásakor a matematika tanszék professzorának nevezték ki. 1687-ben jelent meg a *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (A természetfilozófia matematikai alapjai) című értekezése, amelyet *Principiák*ként tart számon az utókor. Newton nevéhez fűződik az égi és földi mechanika egységes rendszerbe foglalása: az általános tömegvonzás törvényének igazolása. 1704-ben jelent meg *Optika* című műve, a fény visszaverődéséről, elhajlásáról és színeiről szóló értekezés. Optikai eredményei közé tartozik a Newton-féle tükrös távcső megalkotása. 1705-ben az angol királynő lovagi címmel tüntette ki. Síremléke a londoni Westminster-apátságban látható.

EÖTVÖS LORÁND (1848-1919)

Magyar fizikus



A költő, regényíró, politikus Eötvös József fia. A tudománytörténet a legjelentősebb fizikusok között tartja számon.

Eleinte a kapilláris jelenségekkel foglalkozott: ennek során 1886-ban állította fel a róla elnevezett törvényt, amely a folyadékok felszíni feszültsége és a molekula-térfogat közötti összefüggést fejezi ki.

Nevét a Föld gravitációs terének vizsgálata tette világhírűvé.

Eötvös az inga méréseire támaszkodva 1909-ben igazolta, hogy a gravitációs erő lényegében független a tömeg anyagi minőségétől.

3. Mechanikai egyensúly (forgatónyomaték), egyszerű gépek

Statika (vagy sztatika) a mechanika résztudománya, az erőrendszerek tulajdonságaival és a nyugalomban lévő szerkezetek erőviszonyaival foglalkozik.

- **Pontszerű test:** méretük, kiterjedésük elhanyagolható.
 - Egyensúly: ha mozgás állapota nem változik! Ennek feltétele: $\sum \vec{F}_e = 0$ azaz az eredő erő nulla legyen.
 - Mozgásai lehetnek: lásd az 1. és a 13. tételt
- **Kiterjedt test:** a test minden pontszerű részecskéjére más mozgás jellemző.
 - **Merev test:** ráható erők hatására mérete, alakja, tömegeloszlása nem változik meg. A valóságban „tökéletesen” merev test nincs.
 - **Deformálható test:** ráható erők hatására mérete, alakja, tömegeloszlása megváltozik.

Merev testre ható erők jellemzése:

- **Forgatónyomaték:** A forgásállapot-változást létrehozó hatást jellemző mennyiség. Forgásállapot-változást csak olyan erőhatás képes létrehozni, amelynek hatásvonalja nem megy át a forgástengelyen, és nem is párhuzamos azzal.

$$M = F * k \quad [M] = Nm$$

- A testeknél azt a pontot, amely körül szabad mozgásuk közben foroghatnak, tömegközéppontnak nevezzük. A zárt rendszerek tömegközéppontja vagy nyugalomban van, vagy egyenes vonalú egyenletes mozgást végez.
- **EMELT: Tehetetlenségi nyomaték:** a tömeggel analóg mennyiség forgómozgásnál. Azt adja meg, hogy egy merev test adott tengely körül, „mennyire nehéz” megváltoztatni a szögsebességét amivel forog. Jele: Θ
- **EMELT: Perdület vagy impulzusnyomaték:** test forgási mozgásállapotát jellemző. A haladó mozgáshoz hasonlóan, a forgó mozgásra is bevezethetünk egy lendületnek megfelelő mennyiséget.
- **Merev test egyensúlyban** van, ha $\sum \vec{F}_e = 0$ és $\sum M = 0$
 - Párhuzamos hatásvonalú erők esetében: $F_1 * k_1 = F_2 * k_2$
- **Egyensúlyi helyzetek:**
 - Biztos (stabil): a testet kicsit kitérítve a fellépő erők/nyomatékok visszatérítő jellegűek. (Inga legalsó pontja)
 - Közömbös (Indifferens): a kitérítés után nem hatnak sem visszatérítő, sem távolító erők/nyomatékok.
 - Bizonytalan (labilis) (instabil): egyensúlyi helyzetéből kitérítve a testet a fellépő erők/nyomatékok a kitérést fokozzák. (Inga legfelső pontja)

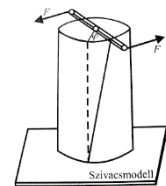
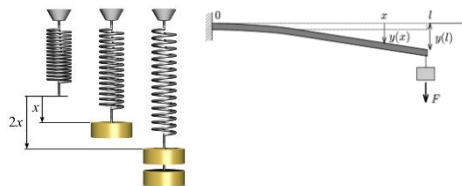
Deformálható testek jellemzése:

- **Nyomás:** Megmutatja, hogy egységnyi felületre mekkora nyomóerő jut.

$$p = \frac{F}{A} \quad [p] = \frac{N}{m^2} = Pa \text{ (Pascal)}$$

- Nyomás hatására a viselkedések:

- Nyúlás
- Lehajlás
- Nyírás
- Csavarás



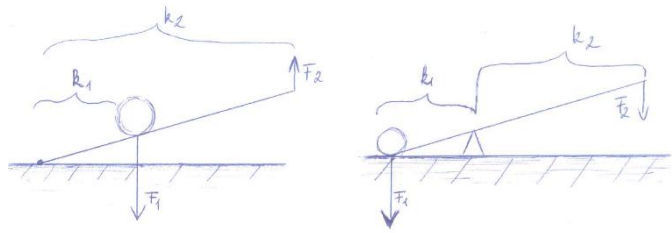
Egyszerű gép: Segítségével megváltoztathatjuk az erő irányát, támadáspontját, nagyságát.

Egyszerű gépekkel nem lehet munkát megtakarítani. (Ha kisebb az erő akkor nagyobb a bejárt út.)

- Emelő: Egy tengely körül elfordítható

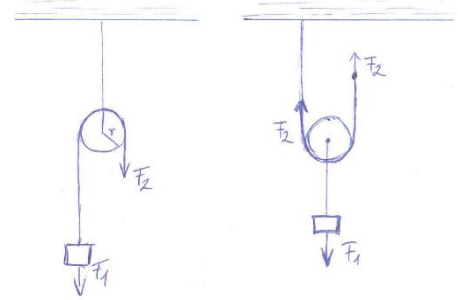
rúd. $F_1 * k_1 = F_2 * k_2$

- Egyoldalú emelő: Teher és az emelő erő azonos oldalon.
- Kétoldalú emelő: Teher és az emelő erő ellentétes oldalon.



- Csiga

- Állócsiga: tengelye rögzített. -> csak forgómozgás
 - Az erőnek csak az iránya változik meg.
- Mozgócsiga: tengelye nincs rögzítve. -> haladó és forgó mozgás. Az erőnek a nagysága is változik.
 - $F_2 = \frac{F_1}{2}$ (mert az F_1 másik felét a mennyezet tartja)



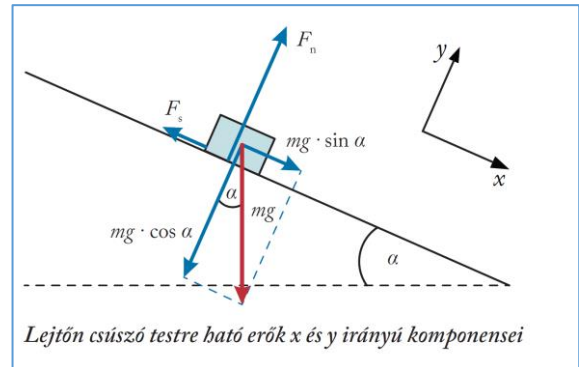
- Henger kerék

- Lejtő

- Lejtő:

- x tengely irányában
 $F_x = m * g * \sin(\alpha)$
- y tengely irányában
 $F_y = m * g * \cos(\alpha)$

- Ék: Mozgatható lejtő.
- Csavar: Henger oldalába vágott lejtő.



Lejtőn csúszó testre ható erők x és y irányú komponensei

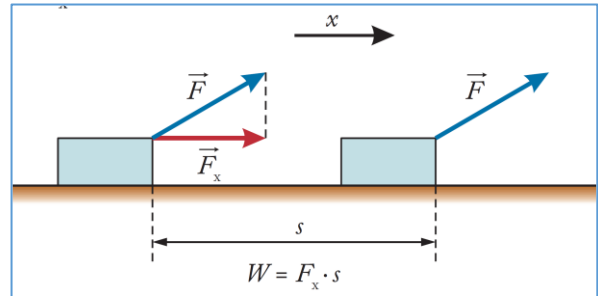
4. Munka, teljesítmény, energia

Fizikai értelemben munka ≠ hétköznapi értelemben munka

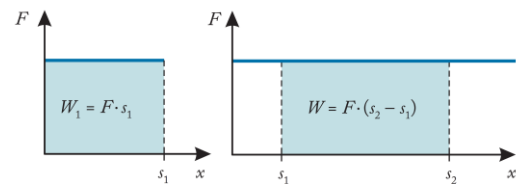
Munka (erő hatása): Akkor végzünk munkát, ha erő hatására az erő irányába elmozdulás jön létre.

$$W = \vec{F} * \vec{s} = F * s * \cos(\alpha) \quad [W] = N * m = J \text{ (Joule)}$$

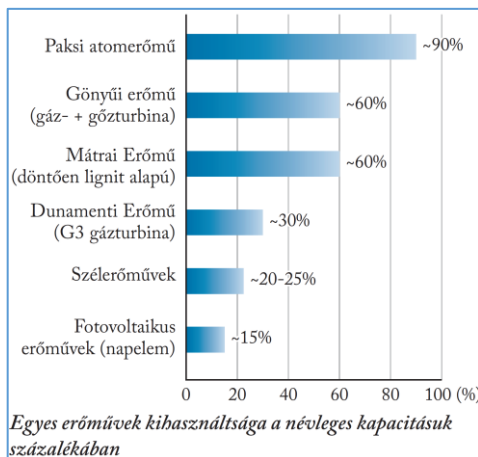
- Ha nincs elmozdulás vagy merőleges az erőre, akkor nincs munka. $\cos(90^\circ) = 0$
- Hogyan kapok egy skalárt kettő vektor szorzataként (hogyan tudom az irányt nagysággá alakítani)? $\cos(\alpha)$ az irányt levetíti egy egyenesre.
- **Történik munkavégzés egy nehéz tárgy kézben tartásával?** Nem, mert nincsen elmozdulás. ($s=0$) Bármit szorzok 0-val az nulla lesz.



- **Grafikon:** Az $F - s$ grafikon alatti terület értéke megadja a munka értékét.
- **Teljesítmény:** Adott idő alatti (energia változás) munka végzés. A teljesítmény a munkavégzés sebessége. $P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{\Delta E}{\Delta t} \quad [P] = \frac{J}{s} = W \text{ (Watt)}$



- Lóerő: Igazából nem erő, hanem teljesítmény. (Van még kacsaeő is ☺)
- Hatásfok: A befektetett mennyiségből mennyi hasznos. $\eta = \frac{\text{hasznos}}{\text{összes}} \quad [\eta] = \text{nincs}$



HATÉKONYSÁG	legkisebb				legnagyobb														
	LÁMPA TÍPUSA	HAGYOMÁNYOS	HALOGÉN	KOMPAKT	LED	LUMEN	450	800	1100	1600	ÉLETTARTAM	1 év	1-3 év	6-10 év	15-25 év	MEGTAKARÍTÁS	×	30% felett	75% felett
450	40 W	29 W	9 W	8 W	450	40 W	29 W	9 W	8 W	1 év	1-3 év	6-10 év	15-25 év	×	30% felett	75% felett	80% felett		
800	60 W	43 W	14 W	13 W	800	60 W	43 W	14 W	13 W	1 év	1-3 év	6-10 év	15-25 év	×	30% felett	75% felett	80% felett		
1100	75 W	53 W	19 W	17 W	1100	75 W	53 W	19 W	17 W	1 év	1-3 év	6-10 év	15-25 év	×	30% felett	75% felett	80% felett		
1600	100 W	72 W	23 W	20 W	1600	100 W	72 W	23 W	20 W	1 év	1-3 év	6-10 év	15-25 év	×	30% felett	75% felett	80% felett		

• **Munka típusok:**

- Gyorsítási munka: $W = F * s = ma * \frac{a}{2} t^2 = \frac{1}{2} m * a * at^2 = \frac{1}{2} m * \Delta v^2$
- Emelési munka: $W = F * s = F * h = m * g * h$ (Nehézségi erő ellenébe hat)
- Súrlódási munka: $W = -F * s = -\mu * F_{ny} * s = -\mu * m * g * s$
- Húzóerő munka (rugalmas testen) (változó F): $W = F * s = \frac{Fh}{2} * \Delta \ell = \frac{1}{2} D * (\Delta \ell)^2$
 - Rugalmaserő munkája (húzás ellenében): $W = -\frac{1}{2} D * (\Delta \ell)^2$

- **Munkatétel:** $W = \Delta E_{mozgási} = E_{későbbi} - E_{korábbi}$

Energia: Bármely zárt rendszer kölcsönható képességét jellemző skalármennyiség. Annak a testnek van energiája, ami munkát tud végezni (munkatétel). A munka egy folyamat két szint között. Az energia maga a szint. $Jele: E \quad [E] = J \text{ (Joule)}$

Erő típus	(mechanikai) Munka típus	(mechanikai) Energia típus
Erő	Gyorsítási: $W = \frac{1}{2} m * \Delta v^2$	Kinetikus (mozgási): $E_k = \frac{1}{2} m * v^2$
Tartó erő	Emelési: $W = m * g * h$	Helyzeti (magassági): $E_h = m * g * h$
Súrlódási erő	Súrlódási: $W = -\mu * m * g * s$	Súrlódási: $E_s = -\mu * m * g * s$
Rugó erő	Húzóerő munkája $W = \frac{1}{2} * D * (\Delta \ell)^2$	Rugalmas : $E_r = \frac{1}{2} * D * (\Delta \ell)^2$

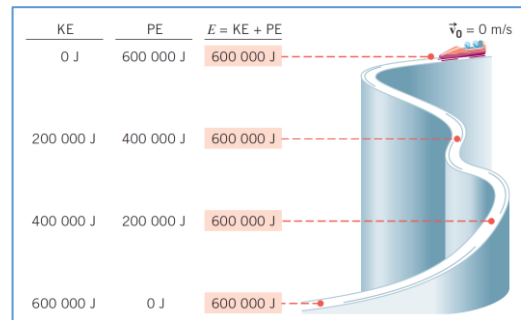
További energia típusok: Hőtani (Q), Elektromágneses, Magenergia

- **Konzervatív erő:** Az erő munkája nem függ a pálya alakjától. A testet felemelve és magára hagyva a gravitációs erő pont ugyan annyi munkát tud végezni leeséskor, mint amennyivel a külső erő felemelte. Azaz a munkát tárolja, konzerválja a potenciális energiát.

- **Mechanikai energia megmaradás törvénye:** Zárt mechanikai rendszerben a mechanikai energiák összege állandó (konstans). Csak egymásba alakulhatnak át.

$$E_{kinetikus} + E_{helyzeti} + E_{rugalmas} = \text{állandó}$$

- **Általános energia megmaradás törvénye:** Zárt rendszerben az energiák összege állandó (konstans). Energia nemvész el, vagy keletkezik, csak átalakul.



Energiahordozók:

Primer (elsődleges) (természetből kinyert energiahordozók)		Szekunder (másodlagos) (átalakított)
Megújuló (hamarabb megújul, mint hogy elfogy)	Fogyó (hamarabb elfogy, mint hogy megújul)	
<ul style="list-style-type: none"> • napenergia • szélenergia • vízenergia • tenger mozgásai (ár-apály, hullám) • geotermikus energia • növényi hulladék (biomassza, biogáz) 	<ul style="list-style-type: none"> • fosszilis, szénhidrogének (szén, kőolaj, földgáz, olajpala) • fissziós, maghasadásos (Urán) • fúziós, magedyesüléses • fa (lassan megújuló) 	<ul style="list-style-type: none"> • elektromos energia • gőz • koks • olajfinomítványok (benzin, gázolaj (dízelt), petróleum)

Fizikatörténeti vonatkozások:

- James Watt (1736–1819): Skót mérnök és feltaláló, a javított hatásfokú, a gyakorlatban egyre több helyen

használható gőzgép megalkotója. Hajóácsként dolgozó iparos apja mellett. Műszerész végzettséget szerzett, és a glasgow-i egyetem. A XVIII. század dinamikus ipari fejlődése igényelte az emberi erőt, munkavégzést kiváltó gépeket. Watt a már gyakorlatban használt gőzgépen jelentős újításokat végzett. A külső gőzkondenzátor alkalmazásával jelentősen megnövelte a gép hatásfokát. Mechanikus szabályzóval (centrifugálszabályzó) (szelep) biztosította, hogy a gőznyomás ne növekedjen egy kritikus érték fölé. Lényeges eredménye volt, hogy fojtószelepekkel tudta a gép teljesítményét szabályozni, és a dugattyú addigi alternáló mozgását forgómozgássá tudta alakítani. Watt tehát nem feltalálója a gőzgépnek, hanem a gyakorlati felhasználás számára egyre alkalmasabb gőzgép kifejlesztőinek egyike.

-

Arkhimédész (i. e. 287–212)

Olvasmány

A testek nyugalmi helyzetének feltételeivel Arkhimédész görög matematikus foglalkozott. Szürakuszaiban született előkelő családban. Hosszabb időt töltött el Alexandriában, ahol valószínűleg Eukleidészől is tanult. Levezetett a kor nagy tudósaival, többek között Eratoszthenésszel. Arkhimédész elsősorban matematikusnak tartotta magát, de legalább akkora jelentőségűek mechanikai találmányai, mint matematikai tételei. Találmányai közül legismertebbek: a mozgócsiga, a csigasor, a vízemelő csavar és a fogaskerék. Csigasorral nagy terhek emelését végezték, elsősorban hajók vízre bocsátásánál használták.

5. Folyadékok és gázok mechanikája

Anyagok tulajdonságai:

		szilárd	folyékony	Légnemű (gáz)	plazma
Tulajdonságok	Alak, térfogat	állandó alak, állandó térfogat	Változó alak, állandó térfogat	Változó alak, Változó térfogat	
	Összenyomható?	nem	nem	Igen	
	Szétválasztható?	nehéz	Könnyebb, de kell erő	könnyű	
Modell	Keveredés	nincs	van	van	
	Részecskék elhelyezkedése	Szabályos rács	Érintkeznek	Egymástól távol	
	Részecske mozgások	Helyhez kötött rezgő mozgás	Egymáson gördülnek	Ütközések között, egyenes vonalú egyenletes mozgás	

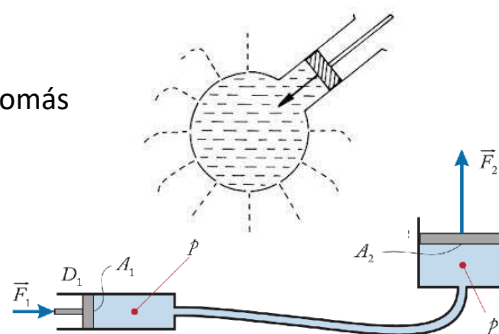
Hidrosztatikai nyomás: vízoszlop súlyából származik. Minden irányban hat h mélységben.

$$p = \frac{F}{A} = \frac{m \cdot g}{A} = \frac{(\rho \cdot h \cdot A) \cdot g}{A} = \rho \cdot g \cdot h$$

- **Pascal törvény:** A folyadékokra létrehozott külső nyomás gyengítetlenül a térfogat minden pontján tovaterjed.

$$p = p_k + \rho \cdot g \cdot h$$

- Pascal buzogány:
- Hidraulikus gépek működése ezen alapszik $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$

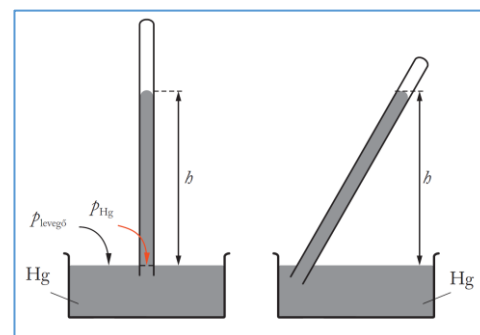


- **Közlekedőedények:** Az egymással összeköttetésben lévő, felülnyitott edények rendszere. Bennük a folyadék szabadon áramolhat.
 - Csap alatti búzzáró, teás kanna, locsoló kanna, artézi kút, víztorony



Légkör (légnyomás): légoszlop súlyából származik

- **Vákuum:** Anyagi részecskéktől mentes.
- **Torricelli-féle kísérlet:** A levegő tömege mintegy ellensúlyozza a higanyoszlop tömegét, így aztán egy idő után az üvegcsőben lévő higany szintje beáll egy meghatározott magasságra. A tenger szintjében az üvegcsőben lévő higanyoszlop magasságát átlagosan 76 cm-nek mérték; ennek nyomása tehát megfelel a légköri nyomásnak, melyet 1 atmoszférának (atm) (bár) neveztek el.
- **standard légnyomás:** $10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ atm} = (1 \text{ bar})$
- **Légnyomást befolyásoló tényezők:** Páratartalom, hőmérséklet. A légnyomás kiegyenlítődés mindig a magas légnyomástól az alacsony felé halad. Ha ez a légmozgás földfelszínnel párhuzamos, akkor a neve **szél**.



Szilárd testek viselkedése folyadékokban: A testre ható felhajtóerő és nehézségi erő aránya határozza meg.

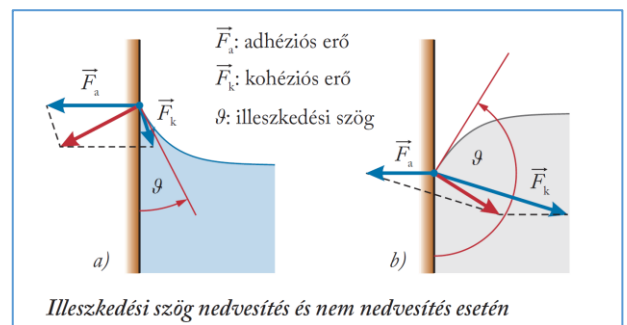
$$F_{felhajtó} = p \cdot A = \rho \cdot g \cdot h \cdot A$$

úszik , ha a test átlagos sűrűsége kisebb a folyadék sűrűségénél.	lebeg , ha a test átlagos sűrűsége megegyezik a folyadék sűrűségével.	elmerül , ha a test átlagos sűrűsége nagyobb a folyadék sűrűségénél.
		
$\rho_{\text{test}} < \rho_{\text{folyadék}}$	$\rho_{\text{test}} = \rho_{\text{folyadék}}$	$\rho_{\text{test}} > \rho_{\text{folyadék}}$

- **Arkhimédész törvénye:** Minden folyadékba vagy gázba mártott test a súlyából annyit veszít amennyi az általa, kiszorított folyadék, vagy gáz súlya.

Molekuláris erők folyadékokban:

- **Kohézió:** Két azonos minőségű molekula közötti vonzó kölcsönhatás.
- **Adhézió:** Két különböző minőségű molekula közötti vonzó kölcsönhatás.
- **Hajszálcsovesség (kapilláris) jelenség:** Molekuláris erők hozzák létre. Kis átmérőjű csőben (kapillárisban) a gravitációs erő ellenében is képes mozogni a folyadék. (papír zsepi, kocka cukor, artézikut, növényi gyökerek-szárak)

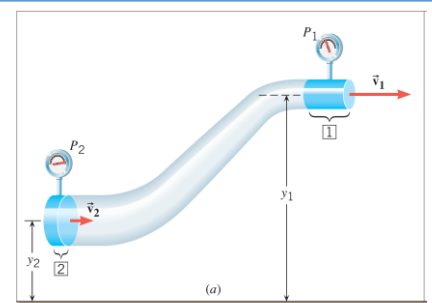


Áramló közegek (Hidrodinamika):

- **Kontinuitási (folytonossági) törvény:** A csővezetékben áramló közeg teljesíti az anyagmegmaradás törvényét. $A_1 * v_1 = A_2 * v_2 = A_3 * v_3$
- **Bernoulli egyenlet:** Csővezeték bármely két pontja között:

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho * v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho * v_2^2 + \rho g h_2$$

Fizikatörténeti vonatkozások:



Evangelista Torricelli (1608–1647)



Itáliában született, a barokk kor egyik legjelentősebb fizikusa és matematikusa. Galilei tanítványai közül a legtehetségesebb. 1644-ben jelentette meg úttörő munkáját a szabadesésről és a hajtás törvényszerűségeiről. Legfontosabb felfedezése a légnyomás mérésére alkalmas barométer. Róla nevezték el a nyomás egyik, ma már nem használatos mértékegységét, a torr, amit sokáig használtak. 1 torr akkora nyomás, amely 1 mm magas higanyoszlop nyomásával egyezik meg. (1 torr = 1 Hgmm.) A normál légköri nyomás 760 torr, ami 101,3 kPa nyomásnak felel meg.

Optikával is foglalkozott, mikroszkópokat és távcsöveket tervezett. Az általa készített legnagyobb távcső Firenzében, a fizikai múzeumban található.

Olvasmány

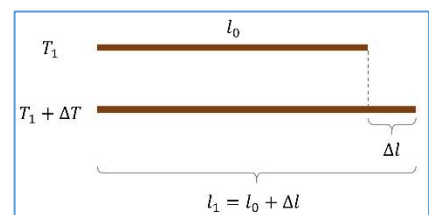
6. Hőtágulás (szilárd testek, folyadékok)

- 1) A **hőmérséklet** a testek hőállapota. Érzékszerveinkkel is érzékeljük a hőmérsékletváltozást, de az nem pontos. E fizikai mennyiség bevezetéséhez a testek hőállapotától függő fizikai jellemzők megváltozását használjuk fel: halmazállapot, térfogat, ellenállás stb. Jele: T
 - Több **skálát** is használunk. Legelterjedtebb a Kelvin és Celsius fok. $T(K) = T(^{\circ}C) + 273,15$
 - A hőmérsékletet **hőmérővel** mérjük.
 - Analóg, higanyos vagy alkoholos hőmérő az anyagok hőtágulását használja ki.
 - Digitális az anyag elektromos vezetési tulajdonságát változását.
 - **Termikus egyensúly:** Két termodinamikai rendszer kapcsolatban vannak és egy idő után megszűnik közöttük a hőátadás. Ekkor a két rendszer hőmérséklete egyenlő.
- 2) **Hőmennyiség**, vagy **hő** (Q): A termikus kölcsönhatás közben belső energia változás (ΔE), amely megváltoztatja az anyagok hőmérsékletét (belső energiáját), halmazállapotát.
 - A hőmennyiség (hő) folyamatot ír le két hőmérsékleti állapot között.

Hőtágulás: Hőmérsékletváltozás hatására bekövetkező méretváltozás. Az első hőmérőt Galilei készítette (1600 körül). Hőtágulás mozgatott egy vízoszlopot, de a külső légnyomás változása miatt pontatlan volt.

- A hőtágulás a részecskék hőmozgása alapján is értelmezhető. Adott hőmérsékleten az atomok közötti kölcsönhatás csak adott távolságban lehet egyensúlyban és ezen egyensúly körül rezegnek. Magas hőmérsékleten a részecskék mozgása nő (Rezgés amplitúdója nő) és nagyobb hely szükséges, hogy elférjen. (A valóságban nem pontos, de modellnek jó.)

A hőtágulás során bekövetkező méretváltozás sok esetben olyan csekély, hogy szabad szemmel nehéz észre venni. Ennek ellenére a hőtágulás következtében óriási erők léphetnek fel, ha a méretváltozás létrejöttét külső erők megakadályozzák. Gyakran fontos mérnöki feladat a hőtágulás elleni védelem.

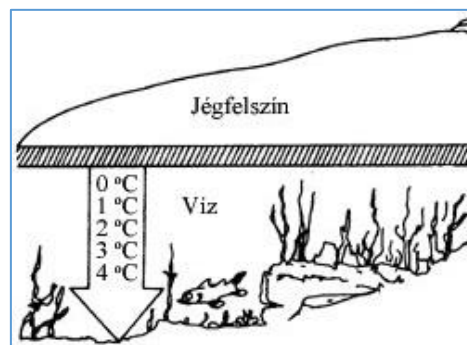
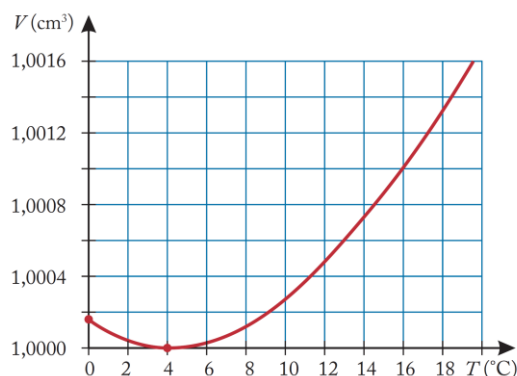


• **Szilárd testek hőtágulása:**

Lineáris hőtágulás: (1D) hossz menti változás	Felületi hőtágulás: (2D)	Térfogati hőtágulás: (3D)
$\Delta \ell = \alpha * \ell_0 * \Delta T$	$\Delta A = 2\alpha * A_0 * \Delta T$	$\Delta V = \beta * V_0 * \Delta T$
$\ell = \ell_0 + \Delta \ell = \ell_0(1 + \alpha * \Delta T)$	$A = A_0 + \Delta A = A_0(1 + 2\alpha * \Delta T)$	$V = V_0 + \Delta V = V_0(1 + \beta * \Delta T)$
α = lineáris hőtágulási együttható: Megmutatja, hogy mennyivel változik meg a test hossza eredeti hosszához viszonyítva, ha 1 K-nel változik a hőmérséklet. $[\alpha] = \frac{1}{K} = \frac{1}{^{\circ}C}$	Felületi hőtágulás = $2 * \alpha$	β = térfogati hőtágulás $\beta = 3 * \alpha$
Megjelenései: Hidak hőtágulása, csővezetékek U alakjai, vasúti sínek, bimetál szalag, távvezetékek.	Megjelenései: Gyűrű vagy más lyuk melegítésekor az anyagihiányos rész úgy viselkedik, mint az anyag. Ha az hőre tágul, akkor a lyuk is.	Megjelenései: Vasbeton, kvarc edény (Jénai), Szekér Fakerékre vasabroncsa

- **A folyadékoknak** nincs önálló alakjuk, felveszik az edény formáját. Mind a 3 tér-dimenzió irányába van hőtágulás -> Térfogati hőtágulás van jelen.

- A víz kivételes hőtágulásának fontos szerepe van a tavak és a folyók befagyásakor. Amikor a tó lehül, a felszínén lévő lehűlt víz a tó aljára kerül, mert sűrűsége nagyobb. Amikor a víz teljes mélységben eléri a 4 C -ot, akkor az áramlás megszűnik. A felszínhez közeli víz tovább hűl, de ez a réteg már nem süllyed le, mert sűrűsége kisebb, mint a 4 C -os víz sűrűsége. Lassan a víz felszínén jég képződik, amely úszik a vízen.
- Ha a tó, folyó nem túl sekély, akkor az alján mindig marad víz, amely biztosítja az állatok és a növények túlélését a nagy hidegben is. A víz tehát felülről lefelé fagy meg, míg minden más folyadék alulról felfelé.



Hőterjedés: vannak hővezető és hőszigetelő anyagok.

- **Hővezetés:** Nincs anyagáramlás (részecske), van hőterjedés.
- **Hőáramlás:** Van anyagáramlás, van hőterjedés.
- **Hőszugárzás:** Nincs hordozó közeg. (elektromágneses hullámok)

Megjelenése mindennapi életben:

- Hőmérők: A folyadékot vékony falú üvegtartályba helyezik, így a kis térfogatváltozás is jelentős hosszváltozással jár.
- Távvezetékek belógása: Nyáron a távvezetékek megnyúlnak (balesetveszély), télen csökken a hosszuk (fellépő feszítőerő oszlop kidőlés).
- Üveg hőtágulása: Az üvegpohár eltörik, ha forró vizet öntünk bele. Az üveg rossz hővezető. A forró víz hatására a belseje felmelegszik, tágulna, de a külső része hideg, és nem engedi. A fellépő feszültség miatt a pohár elreped.
- Sínek hőtágulása: Régen nem illesztették szorosan egymáshoz (dilatációs rés) ami helyére deformálódhatott. Ma már a sínek között nincs hézag, az alapzathoz rögzítik, ami a sínnel együtt tágul.
- Hidak hőtágulása: A hidak egyik végét rögzítik, a másik vége görgőkön nyugszik.
- Ingaóra hőtágulása: Az ingaóra periódusidejét az inga hossza befolyásolja. A hőmérséklet emelkedésekor a rúd kitágul, nő a lengésidő, késik az óra. Ahhoz, hogy pontosan járjon, szükség van egy ellensúlyra is.

Fizikatörténeti vonatkozások:



Anders Celsius (Olof Arenius festménye, XVIII. század)

Anders Celsius (1701–1744)

Svédországban, Uppsalában született. Azon az uppsalai egyetemen tanult matematikát, fizikát és csillagászatot, ahol apja az asztronómia professzora volt, nagyapja pedig a matematika professzora.

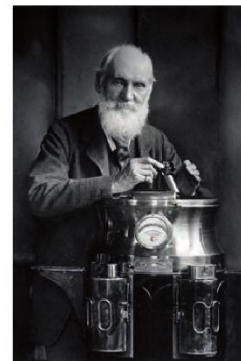
1737-ben tervezte meg a ma is használt hőmérsékletskálát, amely azóta is őrzi a nevét. Celsius azonban a víz forráspontját jelölte 0-val, és fagyáspontját 100-zal. A két számot 1750-ben Strömer svéd tudós cserélte fel.

Celsius sokat foglalkozott a Nap és Föld távolságának meghatározásával. Szorgalmazta a Gergely-naptár bevezetését a már pontatlan Julianus-naptár helyett. A XVIII. század kiemelkedő tudósa volt. Sírja Uppsala közelében található. A svédén kívül a berlini akadémia és a Royal Society is tagjai közé fogadta.

Lord Kelvin (William Thomson) (1824–1907)

Észak-Írországban, Belfastban született. Glasgow-ban és Cambridge-ben tanult. 1846-ban Glasgow-ban az egyetemen a természettudományok professzora. Termodinamikai alapkutatásokat végzett, amellyel hozzájárult az abszolút hőmérsékleti skála kidolgozásához. 1892-ben főrendi címet kapott Lord Kelvin néven. Róla nevezték el azt a hőmérsékleti skálát, amely alappontjának az abszolút legkisebb hőmérsékletet tekintik.

Hidrodinamikai vizsgálatokat is végzett. Foglalkozott az elektromosság és mágnesség matematikai leírásával.



Lord Kelvin tájolójával (fényképezte: James Craig Annan, 1902)

7. Ideális gázok állapotváltozásai

Állapotjelzők, állapothatározók

- Egy anyag állapotot egyértelműen leíró mennyiség az állapothatározó (állapotjelző). Ezzel szemben vannak az anyagnak tulajdonságai is, amelyek nem változnak az állapotok között. A gázok állapotváltozása során minimum két állapothatározó megváltozik, de lehet, hogy egy vagy kettő változatlan marad. Mennyiséggel írható le amit csoportosítani lehet.
- **Extenzív:** Rendszerek egyesítésekor összeadódnak. **Tömeg, részecskeszám, térfogat**
- **Intenzív:** Rendszerek egyesítésekor kiegyenlítődnek. **nyomás, hőmérséklet, sűrűség, koncentráció**
- Az állapotjelzők közötti összefüggés matematikai leírása az állapotegyenlet.

Kinetikus gáz (ideális gáz) modellje: Leginkább a nemesgázok viselkedésére hasonlítanak.

- Nagy számú egyenlő tömegű részecskéből áll.
- A részecske mérete kicsi a tartályhoz és a többi részecske távolságához képest.
- Állandó mozgásban vannak, rugalmasan ütköznek.
- Ütközéskor a sebesség nagysága és iránya változik, de az átlaguk állandó (konstans).
- Eltekintünk a részecskék közötti hatóerőtől és a gravitációtól.

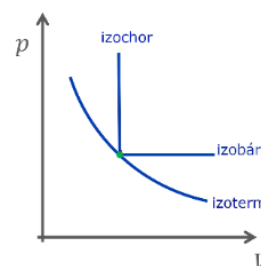
Gáztörvények: Az állapotjelzők megváltozása egymástól nem független

- **Egyesített gáztörvény:** $\frac{p \cdot V}{T} = \text{állandó}$ Állapotváltozáskor: $\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$
 - Egyetemes gázállandó: Ha a képletbe 1 mol normálállapotú gáz van.

$$R = 8,31 \frac{J}{mol \cdot K}$$
 - **Speciális esetei:** (Nagyon fontosak)

	Izoterm	Izobár	Izochor	Adiabatikus
Állandó mennyiségek	$m = \text{áll.}$ $T = \text{áll.}$	$m = \text{áll.}$ $p = \text{áll.}$	$m = \text{áll.}$ $V = \text{áll.}$	energetikai szempontból: $Q = 0$
Gáztörvény neve	Boyle-Mariotte (1662)	Gay-Lussac I (1802)	Gay-Lussac II (1802)	
Gáztörvény egyenlete	$p \cdot V = \text{áll.}$	$\frac{V}{T} = \text{áll.}$	$\frac{p}{T} = \text{áll.}$	
Diagram saját				
Diagram p – V síkon				

- Állapot változások a $p - V$ grafikonon:



- **Ideális gáz állapotegyenlete:**

- $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$
R=Egyetemes gázállandó
- $p \cdot V = N \cdot k \cdot T$
k=Boltzmann állandó

- Valós gázok állapot egyenlete bonyolult.
(Van der Waals egyenlet)


Fizikatörténeti vonatkozások:

-

Edme Mariotte (1620–1684)

Francia bencés szerzetes, egy Dijon melletti kolostor apátja volt. 1666-tól a párizsi akadémia tagja. Mint szerzetes a tudományoknak szentelte életét, kiváltképp a fizikát kedvelte.

Sajnos kísérleti ügyességével nem voltak arányban matematikai ismeretei. A fizikai problémákat kísérletileg helyesen oldotta meg, de matematikai számításait hiányosan végezte. A fizika majd minden területén tett felfedezéseket. Legjelentősebb eredménye a róla és Boyle-ról elnevezett gáztörvény. A törvényt Boyle 18 évvel Mariotte előtt megállapította. Mariotte erről semmit nem tudott, újra felfedezte a törvényszerűséget. Olyan palackokat is szerkesztett, amelyekből a víz kifolyását szabályozni lehet (Mariotte-palack).

 A víz kifolyását szabályozó Mariotte-palack

Olvasmány

Robert Boyle (1627–1691)



Robert Boyle (Johann Kerseboom festménye, 1689)

Angol fizikus és kémikus. 1661-ben jelent meg *Szkeptikus kémikus* című munkája, ami párbeszédese formában íródott. Ettől számítjuk a *modern kémia* kezdetét. *Newton* kortársa volt. Kiterjedt kísérleteket végzett a gázok témakörében. 1656-tól 1668-ig az Oxfordi Egyetemen tanított. Alapító tagja volt a Brit Tudományos Akadémiának.

Úttörő kísérleteket végzett, amelyekkel kimutatta a *levegő fizikai jellemzőit*, illetve hogy milyen nagy jelentősége van a levegőnek égéskor, a légzésben, a hang továbbításában.

Ő állított elő először hidrogént. Elektrosztatikával is foglalkozott. Megdörzsölt pálcák elektromos állapotát vizsgálta.

A róla elnevezett gáztörvényt 1661-ben írt tanulmányában jelentette meg. Sírja a Westminsteri Apátságban található, Londonban.

Gay Lussac (1778-1850)



Francia vegyész és fizikus; a gázok viselkedésének és a kémiai analízis technikáinak úttörő kutatója, a meteorológia egyik megalapítója.

1802-ben kimutatta, hogy azonos hőmérsékletemelkedés hatására minden gáz a térfogatának ugyanakkora hányadával tágul.

1804-ben hidrogéntöltésű léggömbbel vizsgálta a Föld mágneses térerősségének és a levegő kémiai összetételének magasság szerinti változásait. 1808-ban

$n = \frac{m}{M}$	n : anyagmennyiség (mol)
	m : tömeg (g)
	M : moláris tömeg $\left(\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right)$
$n = \frac{N}{N_A}$	N : részecskeszám
	N_A : Avogadro-állandó $\left(\frac{6 \cdot 10^{23}}{\text{mol}}\right)$, azaz $6 \cdot 10^{23}$ részecske mólonként)

8. Halmazállapot-változások, fajhő

Anyagok tulajdonságai:

		szilárd	folyékony	Légnemű (gáz)	plazma
Tulajdonságok	Alak, térfogat	állandó alak, állandó térfogat	Változó alak állandó térfogat	Változó alak Változó térfogat	
	Összenyomható?	nem	nem	Igen	
	Szétválasztható?	nehéz	Könnyebb, de kell erő	könnyű	
	Keveredés	nincs	van	van	
Modell	Részecskék elhelyezkedése	Szabályos rács	Érintkeznek	Egymástól távol	
	Részecske mozgások	Helyhez kötött rezgő mozgás	Egymáson gördülnek	Ütközések között, egyenes vonalú egyenletes mozgás	

- **Hőkapacitás:** Megmutatja, hogy mennyi hőmennyiséget (belső energia változást) kell közölni az adott anyag-halmazzal, hogy hőmérséklete 1K-nel változzon. Jele: C

$$[C] = \frac{J}{K}$$

$$Q = C * \Delta T$$

- **Fajlagos hőkapacitás (fajhő):** Megmutatja, hogy mennyi hőmennyiséget kell közölni 1 kg tömegű adott anyag-halmazzal, hogy hőmérséklete 1K-nel változzon. Halmaz állapota nem változik, de hőmérséklete (részecskék belső energiája) igen. Jele: c $[c] = \frac{J}{kg * K}$

$$Q = c * m * \Delta T$$

- **Fázisátalakulási hő (látens hő) (rejtett hő):** A halmazállapot-változáskor melegítés során az atomok az előző állapotukhoz képest szabadabbá válnak. Hőelvonás esetén pedig kötöttebbek lesznek. Ekkor halmazállapotuk változik, de hőmérsékletük nem, mindaddig, amíg az egész anyag-halmaz összes részecskéje át nem esik a halmazállapot-változáson. Ezek a hőmérsékleti (fázisátalakulási) pontok: olvadáspont, forráspont.

$$Q = L * m$$

Átalakulások:

- A halmazállapoti hőmérsékleti pontok azonosak.

$$T_{olvad} = T_{fagy}$$

$$T_{forrás} = T_{lecsapódás}$$

- A fázisátalakulási hő előjelével jelezzük, a hőterjedés irányát.

$$L_{olvad} = -L_{fagy}$$

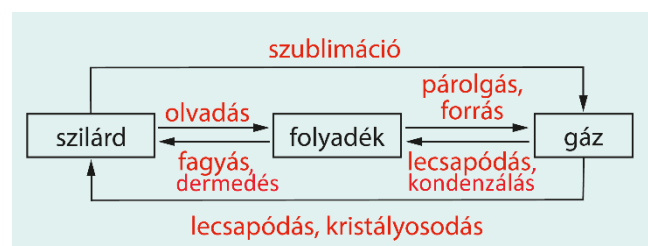
$$L_{forrás} = -L_{lecsapódás}$$

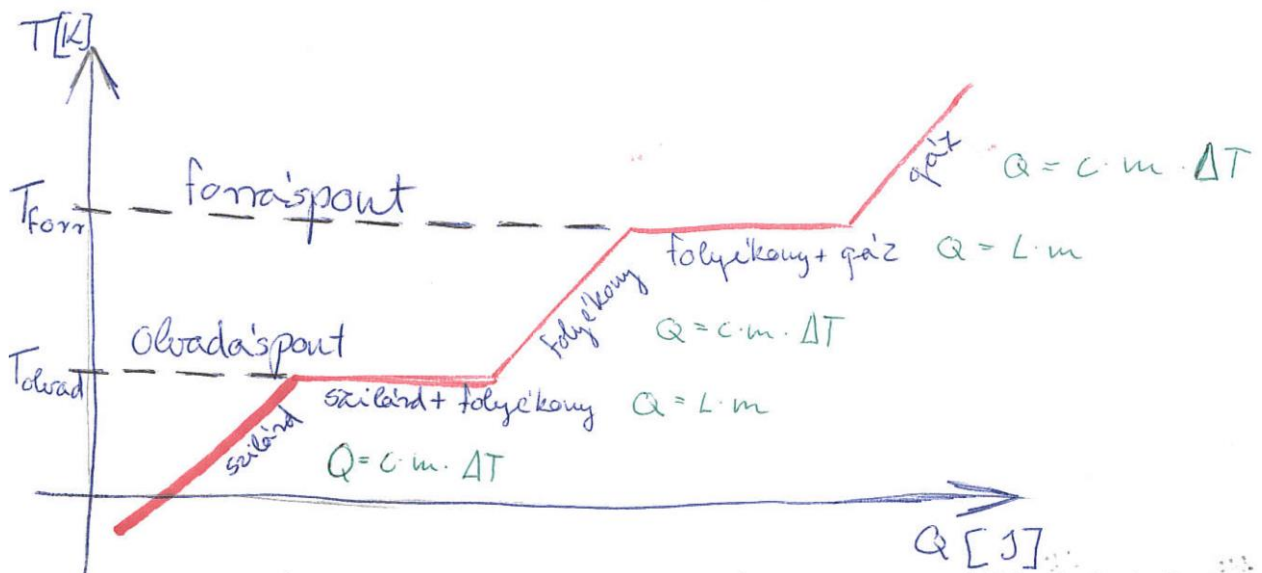
- **Párolgás, szublimáció, kristályosodás:**

- Nem nevezetes hőmérsékleten, hanem minden hőmérsékleten történik.
- Csak a felületen jön létre.
- Csak az elég nagy energiájú részecske szakad le és szabadabb állapotba kerül (elpárolog). Tehát a hátra maradt részecskék átlag energiája csökken (mivel a magas energiájú elszakadt). Ez a magyarázat arra, hogy a bőrre került víz párolgása miatt hűti a bőrt.

Ábraelemzés: Egy fagyott anyagdarab melegítésközben. $T - Q$ grafikonon

- Szilárd anyag melegítés hatására a hőmérséklete (belső energiája) növekszik, a részecskék egyre nagyobb rezgőmozgást produkálnak. ($Q = c * m * \Delta t$)





- Olvadáskor a kristályrács összeomlik (kémiai kötés) és a részecske kevésbé kötődik a szomszéd részecskéhez. Fagyáskor a kis energiájú részecskék összetapadásából kristálygócok alakulnak ki. A gócok növekedésével összeérnek és az egész anyagrészt megfagy. **Amíg a halmazállapot változás nem következik be mindenhol, addig a hőmérséklet nem változik, de hő adás vagy elvonás jelen van.** ($Q = L * m$) Ha nincsenek gócok, de tovább hűl az anyag, akkor **túlhűtött folyadékról** beszélünk. „hiba”, „zavar”, „góc” megindíthatja a fagyást.
- Folyékony anyag melegítés hatására a hőmérséklete növekszik, a részecskék egyre nagyobb rezgőmozgást produkálnak. ($Q = c * m * \Delta t$)
- Forráskor a folyadék részecskék elszakadnak szomszédjaiktól. Lecsapódás felületek mentén jön létre (akár por) (kondenzációs magvak). Ilyen a felhőképződés. **Amíg a halmazállapot változás nem következik be mindenhol, addig a hőmérséklet nem változik, de hő adás vagy elvonás jelen van.** ($Q = L * m$)
- Gázok melegítés hatására a hőmérséklete növekszik, a részecskék egyre nagyobb rezgőmozgást és ütközést produkálnak. ($Q = c * m * \Delta t$)
- Fázis átalakulási pontok változása
 - Az olvadáspont függ:
 - Anyagi minőségtől (víz, alkohol, alumínium, réz, nitrogén...)
 - Nagy nyomás hatására általában csökken.
 - Forráspont függ:
 - Anyagi minőségtől (víz, alkohol, alumínium, réz, nitrogén...)
 - Nagy nyomás hatására általában nő. (Hegyekben 80 °C-on forr a víz) (kukta)
 - Párolgás mértéke függ: Anyagi minőségtől, hőmérséklettől, felszín nagyságtól, környezet páratartalmától.
- **Gőz:** Légnemű közeg, amely még nem viselkedik ideális gázként, mert hőmérséklete a forráspontja felett, de a kritikus hőmérséklet alatt van.
- **Gáz:** Légnemű közeg, amely ideális gázként viselkedik, mert hőmérséklete a forráspontja felett, és kritikus hőmérséklet felett van.
- **Csapadékok:** A Földet borító tengerek és óceánok víztömege a Föld tömegének alig több, mint 1 %-a. Egy másik tény az, hogy a Föld felszínének 2/3 részét víz borítja. A víz párolgása miatt mindig van vízgőz a levegőben. Csapadék csak a levegő lehűlésével képződhet (Harmatpont alatti hőmérséklet). A víz körforgása a földfelszín feletti kb. 10 km magasságban játszódik le. (Légréteg 10 000 km vastag)

Jellemzők	Talaj menti csapadék			Hulló csapadék					
	Harmat	Dér	Zúzmara	Eső	Zápor	Jégeső	Ónos eső	Havas eső	Hó
Milyen hőmérsékleten képződik?	0 °C felett	0 °C alatt		0 °C felett			Levegő: 0 °C felett Talaj: 0 °C alatt	0 °C körül	0 °C alatt
Halmazállapot	folyékony	szilárd		folyékony		szilárd	folyékony, majd szilárd	folyékony és szilárd	szilárd
Megjelenési forma	vízcseppek a felszíni tárgyakon	apró jégzemcsék a felszíni tárgyakon	nagy jégkristályok a felszíni tárgyakon	átlagos intenzitású, közepes méretű hulló vízcseppek	intenzív, rövid ideig hulló, nagy méretű vízcseppek	intenzív feláramlással keletkező hulló jéggömbök (főként nyáron)	esőként érkezik a talajra, ahol rögtön megfagy	vízcseppek és apró hókristályok keveréke	közepes méretű hókristályok

Kalorimetria: Több anyagalmaz összekeverésekor a hőmennyiségek (hő) áramlását vizsgálja.

$$\sum \Delta E = \sum Q = 0$$

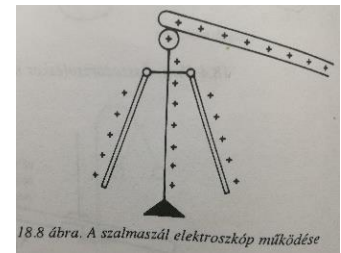
$$Q_{lead} + Q_{felvesz} = 0$$

$$-Q_{felvesz} + Q_{felvesz} = 0$$

9. Elektrosztatika (elektromos töltés, elektromos mező)

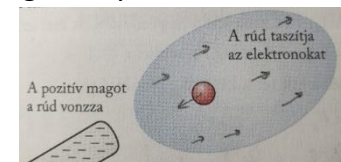
Elektromos állapot, alapjelenségek:

- Ha egy műanyag rudat szőrmével vagy papírzsebkendővel megdörzsölünk, akkor a közelében lévő apró, könnyű tárgyak elmozdulnak. Dörzsöléskor a műanyag rúd (-) a szőrme (+) elektromos állapotba kerül.
- Hasonló jelenséget tapasztalunk, ha üvegrudat (+) bőrrel (-) dörzsölünk meg.
- Bármilyen anyagú test elektromos állapotba hozható, ha a sajátjától különböző anyagú testtel megdörzsöljük. A testek elektromos állapotát egy közvetlenül nem észlelhető anyag, az elektromos töltés okozza. A töltések pozitív és negatív elnevezése Benjamin Franklintól származik.
- Kétféle **elektromos állapotot** kétféle töltés okozza. Töltés jele: Q $[Q] = C$
 - Negatív állapot az elektrontöbblettel rendelkező test elektromos állapota.
 - Pozitív állapot elektronhiánnyal rendelkező test elektromos állapota.
- A **semleges** test mindkét fajta töltést egyenlő mértékben tartalmazza.
 - Ion: Töltéssel rendelkező részecske, azaz e^- többlettel vagy hiánnyal rendelkezik.
 - Anion: - töltésű ion. Kation: + töltésű ion.
- **Erőhatások:** Az azonos töltéssel rendelkező testek taszítják egymást, a különbözőek vonzzák egymást. Az elektromosan töltött test a semleges testet mindig vonzza (hisz különböző).
- **Töltése mozdulás** szerint az anyagok: Vezetők, Szigetelők
 - Földelés: A test egy vezető segítségével, a földdel összekötjük. Így a test semleges töltésűvé válik.
- Az elektromos állapot kimutatására szolgáló eszköz az elektroszkóp.
- **Elektromos töltés** diszkrét: Az elektromos töltés adagolható. Legkisebb egység az elektron töltése: $Q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} C$
- **Töltésmegmaradás törvénye:** Zárt rendszerben az elektromos töltések előjeles összege mindig állandó (konstans). ($Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$)



Elektrosztatikus erőtvény (Coulomb erőhatás):

- **Coulomb törvénye:** Két pontszerű töltés Q_1 és Q_2 között ható erő: $F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$
 - Arányossági tényező (anyagi minőség. Általában vákuum): $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$
 - $\epsilon_0 =$ Permittivitás (dielektromos állandó). Az anyagi minőségtől függ.
 - A gravitációs erőtvénnyel annyi a különbség, hogy a tömegek helyét a töltések veszik át, az állandó értéke más és ez lehet taszító.
- Polarizáció: Valamilyen tulajdonság alapján kettéválás. Most épp elektromos tulajdonság miatt.



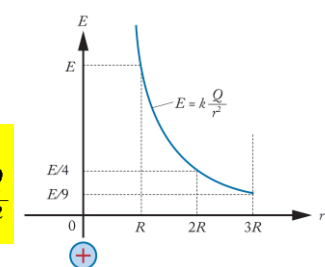
Elektromos mező (erőtér): a töltéssel rendelkező testnek olyan környezete, amelyben az elektromos kölcsönhatás érvényesül egy másik próba töltésre.

- **Forrásos** (erővonalak kiindulása): töltés
- **Örvénymentes** (erővonalak önmagukba nem záródnak)
- **Térerősség:** A mező rendelkezik energiával, ami a szabad töltésre erőként hat és gyorsítja valamilyen irányba.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad [\vec{E}] = \frac{N}{C}$$

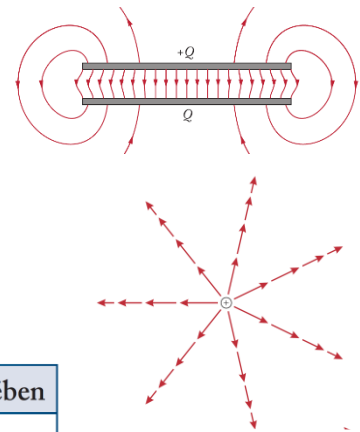
- Térerősség iránya: + \rightarrow -

$$E_{\text{pontszerű}} = \frac{F}{q} = \frac{k \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2}}{q} = k \cdot \frac{Q}{r^2}$$



- **Elektromos erővonalak** olyan görbék, amelyek érintői a görbék egyes pontjaiban a térerősségvektor hatásvonalával azonosak (Faraday). Sűrűségük (fluxus) adja meg a térerősség nagyságát.

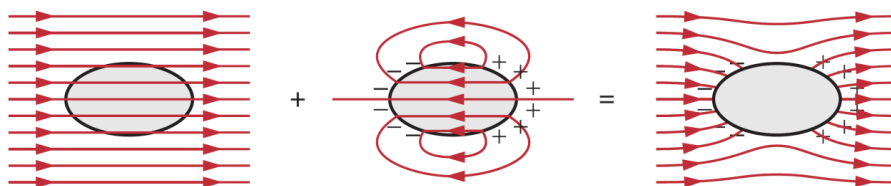
- **Homogén mező:** A mező összes pontján a térerősségvektorok azonos irányúak és nagyságúak. (Kondenzátor lemezei között jó közelítéssel homogén mező van.)
- **Inhomogén mező:** Nagysága és iránya pontonként különbözik (Távolodva gyengül, nem párhuzamos) -> Ponttöltés tere
- **Több töltés** által keltett tér (szuperpozíció): Az eredő térerősség a töltések tereinek a vektori összege.



	Homogén mezőben	Ponttöltés mezőjében
Az erővonalak sűrűsége	Állandó	A töltés közelében nagyobb, mint a töltéstől távol
A térerősség nagysága	Állandó	A töltéshez közeledve növekszik, távolodva csökken

- **Elektromos mező munkája:** Csak az erővonalakkal párhuzamosan van munkavégzés. Merőlegesen nem hat rá erő, így munka se. $W_{AB} = F * s = Q * E * d$
- **Elektromos megosztás:** Kössünk össze két semleges elektroszkópot szigetelő nyéllal ellátott fémrúddal. Ezután megdörzsölt műanyag csövet közelítünk az egyikhez. Mind a két elektroszkóp töltést jelez. A negatív töltésű cső az elektronok egy részét áttaszítja a berendezés jobb oldali részébe. Ezzel a bal oldali elektroszkóp pozitív töltésű lesz, hiszen ott elektronhiány lép fel. Az egyszerűbb szóhasználat kedvéért azt is mondhatjuk, hogy a negatív töltésű cső a negatív töltéseket taszítja, a pozitívakat vonzza, ami töltésszétválasztáshoz vezet.
- **Faraday kalitka:** A térerősség nem hatol be egy zárt vezető belsejébe. (Árnyékolás)

Külső elektromos tér (Ha nincs ott a fém) + Megosztott töltések tere (A megosztómező nélkül) = Módosított mező (A két mező együtt)



- A többlettöltések a vezető külső falán helyezkednek el, mert taszítják egymást a töltések. Az autóba csapó villám nem veszélyes arra, aki az autón belül van.
 - **Csúcshatás:** A hegyes csúcs környékén sűrűsödnek a töltések. A levegő részecskéi ionizálódnak, majd az azonos töltések taszítják egymást ezért egy irányba távolodnak. (Villámhárító), (Ez az ion hajtómű)

Balesetveszély: Trolibusz gumikerékkel van ellátva. Az elektromos motor tápellátásának mind a két pólusa a felső vezeték. A földelés egy lánc az útburkolatra eresztve. Villamos (metró, vonat) egyik pólusa a felső vezeték a másik maga a sín.

Fizikatörténeti vonatkozások:

Michael Faraday (1791–1867)

Olvasmány

Minden idők egyik legnagyobb kísérleti fizikusa. Az angliai Newingtonban született, szegény családban, édesapja kovácmester volt. Gyermekkorában újságkihordóként dolgozott, 14 évesen könyvkötőinasnak állt. Rendszeresen olvasta a kötésre hozott könyveket, különösen megragadták az *Encyclopedia Britannica* elektromosságról szóló cikkei. Ekkor kezdett el kísérletezni. Londonban eljárt a kor jelentős kémikusának, Sir Humphry Davynek az előadásaira. A hallottakról készített, bekötött jegyzeteit elküldte Davynek, és állást kért tőle. Nemsokára laboratóriumi asszisztens lett Davy mellett, és hamarosan képzett vegyészé



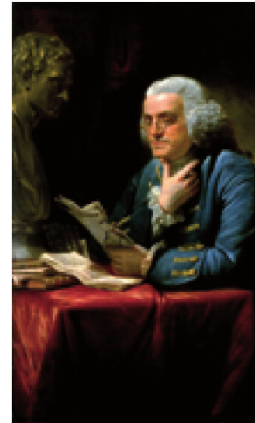
vált. 1821-ben a Royal Institution munkatársa, 1825-ben pedig igazgatója lett. 1844-től a párizsi Természettudományos Akadémia tagjaként számos elismerésben és kitüntetésben részesült. Idős korára a királynő lovagi címet ajánlott fel neki. Ám a tudós nem fogadta el, élete végéig csak Mr. Faraday akart maradni.

Tudományos munkásságának néhány fontos eredménye: megépítette az *első elektromotort*, felfedezte a *mágneses tér elektromos hatását*, *generátort* készített. Felállította elektrolíziselméletét; megfogalmazta a mágneses és az elektromos erőter fogalmát; megalkotta az elektromos hatás általános elméletét; kimutatta az elektromos töltés megmaradásának elvét; megfogalmazta az elektromos megosztással végbemenő feltöltődés elméletét, és kimutatta, hogy egy üreges vezető (*Faraday-féle kalitka*) a belsejében leárnyékolja a külső elektromos hatásokat. Ő fedezte fel, hogy a mágneses tér elforgatja a fény polarizációs síkját (*Faraday-effektus*).

Benjamin Franklin (1706–1790)

Olvasmány

Bostonban született, egy szegény szappan- és viaszfőző iparos tizenhét gyermeke közül a tizedik fiúként. Iskolai tanulmányait tízéves korában abbahagyta, beállt bátyja üzemébe nyomdásztanoncnak. 17 éves korára mestere lett a szakmának. Közben fáradhatatlanul olvasott, érdeklődött az irodalom iránt; a bátyja által alapított hetilapban esszéket is közölt. 1729-ben már saját nyomdája volt. Bekapcsolódott a közéletbe: támogatta a tűzoltóság, a közkönyvtárak és a milícia megalapítását. 1749-től felhagyott kiadói munkájával, és a tudománynak szentelte teljes idejét. *Elektromos jelenségeket vizsgált*, ötletes kísérleteket és gépeket talált ki. Egy zivataros időben feleresztett sárkány zsinórján leideni palackba légköri elektromosságot gyűjtött össze, és ezzel bizonyította, hogy a villámlás elektromos folyamat. Az akkor még nem ismert kétféle elektromos töltés fogalma helyett az „egyetlen fluidum” elméletével több megfigyelt jelenséget sikeresen magyarázott. Az általa javasolt *villámhárító* ötlete sikeresnek bizonyult. Ő vezetett be számos ma is használt fogalmat: *pozitív*, *negatív*, *áramforrás*, *vezető*. 1757–62 között Londonban képviselte Pennsylvania gyarmat érdekeit. Részt vett a Függetlenségi nyilatkozat megfogalmazásában, és a függetlenségi háború végén a Nagy-Britanniával folytatott béketárgyalásokon is. Fontos szerepe volt az Egyesült Államok alkotmányának elfogadtatásában. Philadelphia a város történetének legnagyobb temetési szertartásával búcsúzott tőle.



Benjamin Franklin
(David Martin
festménye, 1767)

Charles Auguste de Coulomb (1736–1806)

Olvasmány



Charles Auguste de Coulomb
torziós ingájával (Hippolyte Lecomte
festménye. XIX. század)

Franciaországban, Angoulême-ben született. Fiatalon belépett a hadseregbe. Egy ideig egy francia gyarmaton hadmérnökként szolgált. Hazatérése után tudományos kutatásokba kezdett; a *súrlódásról*, a *boltívek statikájáról*, *egyszerű gépek működéséről* jelentek meg fontos tanulmányai. 1784–89 között végzett kísérleteivel igazolta a róla elnevezett, nagy jelentőségű törvényt. Az elektrosztatikus erők számításával történő meghatározása a Coulomb-törvény matematikai alakban történt megfogalmazása miatt lehetséges. Munkásságát elismerték, a Francia Akadémia tagja lett. Kinevezték királyi biztosnak, Bretagne-ban felügyelte a hajózási-csatornaépítési munkákat. Tisztségének megfelelően az állam érdekeit képviselte a helyi hatalmasságok érdekeivel szemben. Ellenfelei elérték, hogy koholt vádakkal elítéljék, börtönbüntetéssel is sújtották. A forradalom kitörésekor kilépett a katonai szolgálatból, ettől kezdve csak tudományos kutatásainak és családjának élt. Párizsban halt meg.

10. Elektromos áram (áramkör)

Az elektromos áram fogalma előtt meg kell tudnunk honnan hova áramlik, és mi.

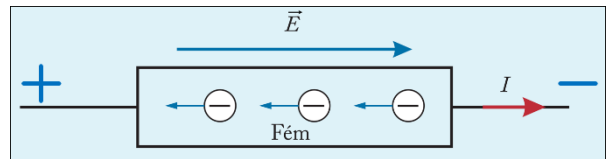
- A testek **elektromos állapota** a pozitív, illetve negatív töltésű atomokon alapul. Ezek elektronhiánnyal és elektrontöbblettel jöhetnek létre.
- Az anyagok elektromos szempontból két csoportra oszthatóak: a vezetők és a szigetelők.
 - A **vezetők** tartalmaznak mozgásképes töltéshordozókat. Fémekben a vegyérték e^- , delokalizált e^- amik feszültség hatására rendezett mozgásba kerülnek.
 - A **szigetelők**ben ez a tulajdonság nincs meg (pl. üveg, porcelán, olaj).
 - **Félvezető anyagok**, melyek mindkét tulajdonsággal rendelkeznek, de hőmérséklet hatására változik ez a tulajdonság. (pl. szilícium, germánium, szelén).

Elektromos áram: A töltéshordozók tartós rendezett mozgása.

- Az elektromos áramnak két fajtája van. **Egyenáram** DC (töltéshordozók mozgása egyirányú), **váltakozó áram** AC.

- A töltéshordozók mozgásának oka a feszültség.

- **Feszültség:** A feszültség számértékben az a munka, amelyet az elektrosztatikus mező végez, miközben a pozitív egységöltést a tér egyik pontjából a másikba mozgatja. $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q}$ $[U_{AB}] = \frac{J}{C} = V$ (Volt)



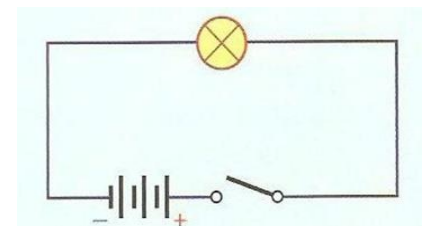
- Elektromos áram iránya:
 - **Technikai:** általában ez. (télerősség irányával azonos) $+ \rightarrow -$
 - **Fizikai:** (töltéshordozók áramlásának iránya) $- \rightarrow +$
- Áram csak zárt áramkörben folyhat. (madarakat nem rázza az áram a vezetékeken) Ha terhelés nélkül áramlik, akkor rövid zár van és a ház biztosítóka megszakítja az áramkört.

Elektromos áramot jellemző mennyiségek:

- **Feszültség:** (lásd: pár sorral korábban)
 - 1V a feszültség a vezető két pontja között, ha 1C töltés átviteléhez 1J munka szükséges, illetve, ha 1A áramerősség esetén az elektromos teljesítmény 1W.
 - Európai unión belül szabvány: 230V, 50Hz (USA: 110V, 60Hz)
- **Áramerősség:** Az elektromos áram erőssége a vezető valamely keresztmetszetén időegység alatt áthaladó Q töltésnek a száma. $I = \frac{Q}{t}$ $[I] = \frac{C}{s} = A$ (amper)
 - 1A erősségű az az áram, amikor a vezető keresztmetszetén 1s alatt 1C töltés halad keresztül.
- **Ellenállás:** A töltések áramlását gátló hatás, miközben az áram hatást fejt ki.
 - Ohm törvénye: $R = \frac{U}{I}$ $[R] = \Omega$ (ohm)
 - Vezetők ellenállása (ρ nem sűrűség, hanem fajlagos ellenállás): $R = \rho * \frac{\ell}{A}$
- Az áram munkája: $W = U * I * \Delta t$ $[W] = V * A * s = W * s = J$
- Az áram teljesítménye: $P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$ $[P] = V * A = W$ (watt)

Áramkör: Az áramkör egy rendszer, amelyben több elem van.

- Áramforrás: Töltések áramlását tartósan képes fenntartani.
 - elektromotoros erő: Az áramforrás hatása, amely a töltést az alacsonyabb potenciálú helyről a magasabbra juttatja.



- Fogyasztó: Az áram valamilyen hatást kelt.
- Vezeték: Elektromos áram vezetése.
- Kapcsolók: Áramkör nyitott vagy zárt.

• Áramforrásokhoz tartozó fogalmak:

- Kapocsfeszültség: Terhelt állapotban az áramforrás kapcsain mért feszültség.
- Üresjáratú feszültség: Terheletlen állapotban az áramforrás kivezetései között mért feszültség.
- Belső ellenállás: Az áramforrás is vezető, amelyben lévő részecskék akadályozzák a töltések áramlását.
- Rövidzár: Két különböző potenciálú pont fémes összekötése fogyasztó vagy ellenállás nélkül.

• Az áramforrások valamilyen energiát képesek elektromos energiává alakítani:

- Mechanikai energiát a generátor és a dinamó
- Vegyi energiát a galvánelem (Volta, Galvani) és akkumulátor típusok.
- Hőenergiát a termoelem
- Fényenergiát a fotocella, fényelem

• Kapcsolások:

- Soros: A berendezés vége a következő berendezés elejére van kötve.
- Párhuzamos: A berendezések mindkét vége össze van kötve egymással.
- **Eredő ellenállás:** Az összes ellenállást egy ellenállással lehet helyettesíteni.
- **Áramerősség (amper) mérő:** Mérendő berendezéssel sorosan kell kapcsolni.
- **Feszültség (volt) mérő:** Mérendő berendezéssel párhuzamosan kell kapcsolni.

	Soros kapcsolás	Párhuzamos kapcsolás
Áramerősség	$I_{eredő} = I_1 = I_2$	$I_{eredő} = I_1 + I_2$
Feszültség	$U_{eredő} = U_1 + U_2$	$U_{eredő} = U_1 = U_2$
Eredő ellenállás	$R_{eredő} = R_1 + R_2$	$\frac{1}{R_{eredő}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$
Eredő kapacitás	$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$	$C_e = C_1 + C_2$

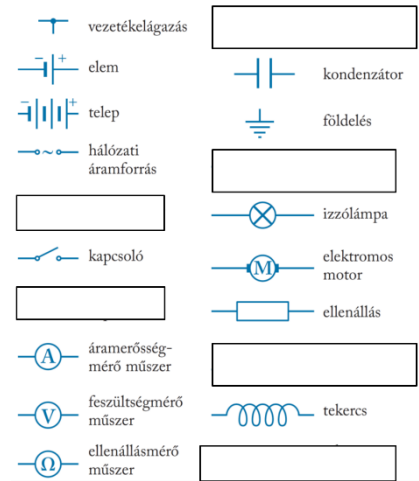
• Kirchhoff törvények:

- 1: (Csomópont) Egy csomópontba befolyó áramok (+) és csomópontból kifolyó áramok (-) összege nulla. (Egy csomópontba ugyan annyi áram folyik be, mint ki.)
- 2: (hurok) Minden zárt áramkörben a belső és kapocsfeszültségek összege egyenlő az ellenállásokon fellépő feszültségek összegével.

Az áram hatásai:

- **Hőhatás:** A töltéshordozók a vezetőben vándorlás miatt az atomoknak nekiütközve átadják az energiájukat. (pl: Izzószál) Az **áramerősség okozza** (Ez az oka, hogy a nagy távolságú távvezetéken nagy feszültség, kicsi áramerősség a cél). Minden eszköz melegedik.
- **Vegyhatás:** Az elektrolízis egy kémiai folyamat, melyet a vegyületek szétválasztására használnak az elektromos áram segítségével. Galvánelem és Akkumulátor
- **Élettani hatás:** Az emberi test vezeti a villamos áramot. A szervezeten áthaladó áram izom-, bőr- és idegi károsodást, illetve halált is okozhat. A károsodás mértékét az áram erőssége és típusa, a hatás ideje, és az áram testen belüli útja határozza meg. A háztartásokban használt 230 V, 50 Hz-es váltakozó feszültség életveszélyes.
 - Idegrendszer: Az agy és a szervek, receptorok, izmok összeköttetés között néhány mV feszültségimpulzus továbbítja az információkat.
- **Fényhatás:** Hőhatás következménye. Gerjesztett elektronok bocsájtják ki.
- **Mágneses hatás:** (következő tétel)

Fizikatörténeti vonatkozások:



Alessandro Volta (1745–1827)

Comóban, Itáliában született. Tanulmányainak elvégzése után szülővárosában, majd a paviai egyetemen tanított fizikát. Érdemei az elektromosság terén kiemelkedtek.

Barátja, Luigi Galvani 1780-ban felfedezte, hogy ha két különböző fémét érint egy béka izmaíhoz, akkor elektromos áram keletkezik. Volta rájött, hogy az áram létrehozásához nem szükséges az állati szövet. Ezzel az állításával nagy vitát kavart, de amikor 1800-ban bemutatta az első elektromos elemet, az ő felfogása diadalmaskodott. Találmányát (Volta-oszlop, lásd 75. oldal) Bonaparte *Napóleon-nak* is bemutatta, aki a Becsületrend tisztjévé, valamint Itália grófjává és szenátorává nevezte ki.

Több tudományos testület is tagjává választotta: a Societa Italiana, a párizsi Institut de France és az angol Royal Society.



André Marie Ampère (1775–1836)

Lyonban született, gazdag, művelt kereskedő fiaként. Csodagyerek volt: nem járt iskolába, tízéves koráig magántanítóktól tanult. Ezután mindent egyedül, tanítók nélkül sajátította el a család könyvtárában lévő könyvekből. Kiolvasta a Nagy Francia Enciklopédiát, majd megtanult latinul, csak azért, hogy latin nyelvű matematikai műveket olvashasson. Az akkor ismert matematikát 13 éves korára el is sajátította. 1801-ben kinevezték Bourgban a fizika és a kémia professzorának. Első tudományos munkáját mégis a szerencsejátékok matematikájáról írta.

1809-ben a párizsi École Polytechnique matematikaprofesszora lett. Fizikai kutatásait nem annyira a módszeres kísérletezés, hanem a zseniális ötletek jellemezték. *Ötleteit kísérletileg ellenőrizte*, majd tanulmányaiban matematikai elméletté fejlesztette. Munkáiban nemcsak ismert elektromágneses jelenségeket magyarázott meg, hanem újakat is előre jelzett. 1827-ben jelent meg fő műve: *Értekezés az elektrodinamikus jelenségek matematikai elméletéről, kísérleti eredmények alapján*.

Nem csak természettudós volt, vallásfilozófiai műveket, drámákat és verseket is írt.



André Marie Ampère (A francia iskola festőjének portréja, 1820)

Georg Simon Ohm (1787–1854)



Georg Simon Ohm (Ismeretlen fényképész felvétele)

Német fizikus, Erlangenben született. Már 16 éves korában egyetemi hallgató volt, 24 évesen doktorált matematikából.

Nevét főleg a róla elnevezett törvényével örökítette meg. Pontos mérésekkel igazolta nemcsak az *Ohm-törvényt*, hanem az ellenállásnak a vezető anyagától és a keresztmetszetétől való függését is. Ellenállási sorrendet határozott meg az anyagok között. Kísérleti törvényeit 1827-ben megjelent könyvében elméleti megfontolásokkal is alátámasztotta. Ebben a művében *a hővezetés és az elektromos vezetés törvényeinek hasonlósága* alapján arra következtetett, hogy a két jelenség között valamilyen kapcsolatnak kell lennie. Itt publikálta az áramelágazásokra vonatkozó, kísérletileg ellenőrzött megállapításait, és az *elektrolízis* területén elért eredményeit is. Jelentős kutatómunkát végzett az optika, a hangtan és a fényinterferencia területén is.

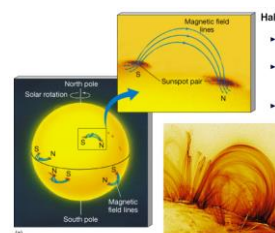
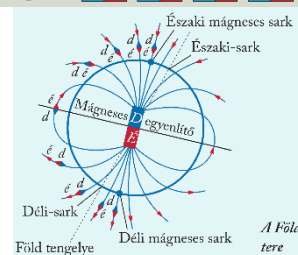
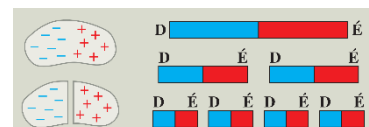
Kutatási eredményei nehezen kaptak elismerést. Először az angol Royal Society tüntette ki 1841-ben, majd választotta tagjául 1842-ben. Csak 1833-ban került a nürnbergi politechnikai főiskola fizikakatedrájára, majd 1849-ben a müncheni egyetemre, ahol 1852-ben nevezték ki professzornak.

11. Mágneses mező

Négyjegyű: 152-

Természetes mágnesek:

- Mágneshez 2 pólus tartozik (dipólus). Nem létezik egypólusú mágnes. Egy mágnesrúd eltörve is dipólus!
- **Pólus** jelentése: Forgástengely
- Az iránytű É- felé mutató végét északi, D-felé mutató végét déli mágneses pólusnak nevezzük. (Azaz a földrajzi északi póluson a mágneses déli pólus van.)
- A **Föld** legnagyobb mágnesa a Föld. A Föld magja hozza létre, ahogy a belső és külső mag nem egyformán mozog. Folyamatosan változik, a pólusok mozognak. A Napból érkező töltött részecskék (napszél) a mágneses tér eltéríti. A sarkokhoz irányítják -> sarki fény.
- **Nap:** A nap egyenlítője gyorsabban forog, mint a sarok. Ezzel felgyűri a Nap mágneses terét létrehozva a napfoltokat (11 éves ciklus). A Napfoltok nagy mágneses energiájúak ezért a hó energiájuk kisebb. (ezért sötét színű).



Mesterséges mágnesek:

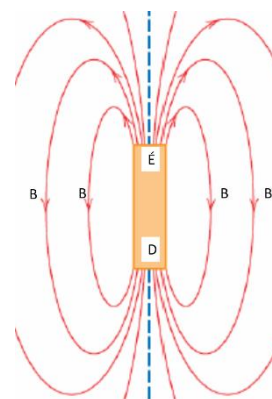
- **Mágneses megosztás:** Ha mágnesrúd közelébe vasrudat helyezünk akkor a vasrúd is mágnesként viselkedik, amíg a külső hatás tart.
- **Permanens** (állandó) mágnes: külső behatás nélkül is mágneses dipólusként viselkedik.

Elektromos jelenség	Mágneses jelenség
A jelenségek elektromos töltések okozzák.	A jelenségeket mágnesek vagy elektromos áramok okozzák.
Kétféle töltés létezik: +, - (dipólus)	Kétféle pólus létezik: északi, déli (dipólus)
Azonos töltések taszítják, különbözőek vonzzák egymást.	Azonos pólusok taszítják, különbözőek vonzzák egymást.
Létezik önálló töltés. (monopólus)	Nem létezik önálló pólus. (monopólus)
A töltések körül elektromos mező alakul ki.	A pólusok körül mágneses mező alakul ki.
A vezetőkből létrehozható elektromos megosztás.	A ferromágneses anyagokban létrehozható mágneses megosztás.

Mágneses mező jellemzése:

- **Forrásmentes** (erővonalak nincs kiindulása)
- **Örvényes** (erővonalak önmagukba futnak)
- Mágneses mező vizsgálatára alkalmas minden olyan eszköz, amely kölcsönhatásba lép a mágneses mezővel. Így például egy kicsiny iránytű is, amelyet megfelelő irányba forgat, vagy egy menetes árammal átjárt vezető hurok (magnetométer).
- A mágneses mező a próbamágnesre forgatónyomatékokat (M) gyakorol mindaddig, amíg be nem áll egyensúlyi helyzetbe. A forgatás oka, hogy a mágnes dipólus. A taszítás és vonzás erőhatások a kiterjedt test különböző pontjaira hatnak.
- **Mágneses indukció (más néven indukcióvektor):** Mágneses mező egy pontjában a mágneses térerősséget jellemző mennyiség. Iránya mágnesen belül $D \rightarrow É$, mágnesen kívül $É \rightarrow D$.

$$B = \frac{M_{max}}{N \cdot I \cdot A} \quad [\vec{B}] = T \text{ (tesla)}$$



Az elektromos áram mágneses mezője:

- **Egyenes vezető** mágneses tere: $\vec{B}_{\text{vezeték}} = \mu_0 * \frac{\vec{I}}{2r*\pi}$
 - μ_0 = vákuum mágneses permeabilitás
 - Ha megmarkoljuk a vezetőket úgy, hogy a hüvelykujjunk az áram irányát (\vec{I}) mutatja, akkor a begömbített ujjaink a mágneses indukcióvonalak (\vec{B}) irányát mutatják.
- Bármilyen alakú (nagyon kicsi $\Delta\ell$ hosszú) vezető: (Biot-Savart-törvény) $\Delta B = \frac{\mu_0}{4\pi} * \frac{I*\Delta\ell}{r^2} \sin \alpha$
- **Tekercs** (sok menetes magnetométer): Tekercs belsejében a mágneses tér homogén.

$$\vec{B}_{\text{tekercs}} = \mu_r * \mu_0 * \frac{N*\vec{I}}{\ell}$$

- Ha levegő, vagy vákuum magos, akkor $\mu_r = 1$. Ez alapján a mágnes típusok:
 - Diamágnes: μ_r picivel kisebb, mint 1. (kicsit gyengíti a mezőt.)
 - Paramágnes: μ_r picivel nagyobb, mint 1. (kicsit erősíti a mezőt.)
 - Ferromágnes: μ_r 1000-es nagyságrendű. (erősen erősíti a mezőt.)
- Ha megmarkoljuk a tekercset úgy, hogy a begömbített ujjaink az áram irányát (\vec{I}) mutatják, akkor a hüvelykujjunk a mágneses indukcióvonalak (\vec{B}) irányát mutatja.
- Tekercs **típusok geometriájuk szerint** lehet Szolenoid (egyenes tekercs) és toroid (tórusz, fánk alakú).

Az **elektromágnes** általában egy lágyvasmag, amelyet legalább egy tekercs vesz körül. A tekercsben folyó elektromos áram mágneses teret hoz létre, mely a jobbkéz-szabály szerinti irányú. Mivel az erővonalak a tekercs belsejében azonos irányúak, így a vasban mágneses tér alakul ki, amely mágnesként viselkedik. Tehát elektromos áramból mágnes készíthető.

- Előnyeik:
 - Ki-be kapcsolható, erőssége szabályozható.
 - Idővel nem gyengül a hatása.
- **Gyakorlati alkalmazásai:** Elektromos csengő, Morse jelátvitel, adat rögzítő (mágneses szalag, winchester író/olvasó fej), mágnesvasút, hangszóró, mikrofon, relé, transzformátor, MRI.

Fizikatörténeti vonatkozások:

-

Nikola Tesla (1856–1943)

A világ leghíresebb feltalálójának egyike, élete során 146 szabadalma volt. Elsősorban az *elektromágneses jelenségek* foglalkoztatták. Az Osztrák–Magyar Monarchia területén, a mai Horvátországban született. Tanulmányait Grazban, Prágában és Budapesten végezte. Itt ismerkedett meg Puskás Tivadarral. Segédkezett a budapesti telefonközpont kiépítésében.

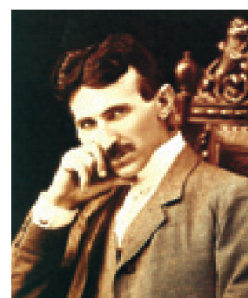
Párizsba, majd Amerikába költözött, hogy megismerkedjen Edisonval. Nagy verseny alakult ki Edison és Tesla között az egyenáramú és váltakozó áramú rendszerek alkalmazása miatt. Később igazolást nyert, hogy Tesla váltóáramú gépei és berendezései sikeresebbek. Többek között a nevéhez fűződik a *többfázisú generátor és a váltóáramú motor* megalkotása. A *rádióadás sugárzásának elvét* is neki köszönhetjük.

- **Wilhelm Eduard Weber (1804-1891)**



Német fizikus, az elektromos mértékegységrendszer kidolgozója.

Olvasmány



Nikola Tesla

12. Az elektromágneses indukció

Négyjegyű: 152-

Erőhatások a mágneses mezőben:

- Mágneses mező erőt fejt ki a benne áramot szállító vezetőre, ha van a részecske sebességének a mágneses mezőre merőleges irányú komponense.
- **Ampére törvénye:** Az erő merőleges a mező és a vezető által alkotott síkra.

$$\vec{F} = \vec{B} * \vec{I} * \ell$$
- **Lorentz-erő:** (Ampére törvény átrendezése)
$$\vec{F} = \vec{B} * \frac{Q}{t} * (\vec{v} * t) = \vec{B} * Q * \vec{v}$$
- **Jobbkéz-szabály:** Ha a hüvelykujjunk az áram (\vec{I}), vagy töltésssebesség (\vec{v}) irányába mutat és mutatújjunk erre merőlegesen az indukcióvonalak (\vec{B}) irányába mutat, akkor az erre merőleges középső ujjunk az erő (\vec{F}) irányát mutatja.
- Szabad töltésre (Q) ható erő: Ha a Lorentz-erő merőleges a sebesség irányára, akkor a sebesség nagyságát nem változtatja csak az irányát. A töltés mozgása lehet: Egyenletes körmozgás. Részecske gyorsítók, ciklotronok.

$$B * Q * v = m * \frac{v^2}{r}$$

Elektromágneses indukció: A változó mágneses mező maga körül elektromos mezőt hoz létre, más szóval indukál. (Ha az elektromos áram mágneses teret hoz létre, akkor a változó mágneses tér elektromos áramot hoz létre.) A két mező egymásra merőleges.

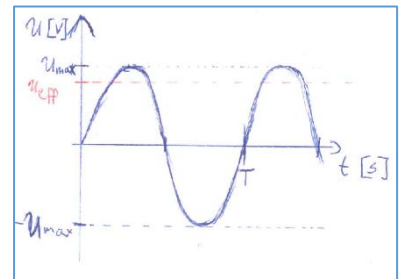
- **Faraday indukált (létrehozott) feszültség:**
$$U_{indukált} = -N * \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N * \frac{B * A}{\Delta t}$$
 - $\Delta\Phi = fluxusváltozás$ (mágneses tér sűrűség változás)
 - $N = menetszám$
 - A negatív előjel a Lenz törvénye miatt van.
- **Lenz törvény:** Az indukált áram iránya mindig olyan irányú, hogy mágneses mezője az őt létrehozó hatást akadályozza. (Lassítja a mozgó mágnezt, Lassítja a mozgó vezetőket)
 - Energia megmaradás: Mozgás energia alakul át elektromos energiává, így a mozgás energiájának csökkennie kell.

	Mozgási indukció	Nyugalmi indukció
	A vezeték és a mágnes egymáshoz képest mozog. mágneses tér sűrűség változik.	A vezeték nem mozog, a mágneses tér sűrűség változik.
Működési elv	Állandó mágnesek között, árammal átjárt vezető mozog. A mozgás hozza létre az áramot. Az áram irányát a Lenz törvénye határozza meg.	Transzformátor: Két tekercs egy vasmagon. A primer oldalon a váltakozó áram váltakozó mágneses teret kelt. A mágneses teret a lágy vasmag elvezeti a szekunder oldalra. A szekunder oldalon lévő tekercs a váltakozó mágneses térből váltakozó áramot hoz létre. (Kölcsönös indukció) Tehát az elektromos áram átalakul mágneses mezővé, majd újra árammá. A transzformátor hatásfoka különösen jó 90% fölött.
Gyakori alkalmazásai	Váltakozó feszültség létrehozása, felhasználása.	Váltakozó feszültség átalakítása.
Eszközök	<ul style="list-style-type: none"> • Generátor: forgási energia -> elektromos energia. • Elektromos motor: elektromos energia -> forgási energia 	<ul style="list-style-type: none"> • Tekercs • Transzformátor: Két tekercs egy vasmagon. $\frac{U_p}{U_{sz}} = \frac{N_p}{N_{sz}} = \frac{I_{sz}}{I_p}$

- **Generátor, Elektromos motor:** Felépítése: állandó mágnes, vezeték, kommutátor (fémgyűrű szénkefék). Az elektromos motor lehet 1 fázisú és 3 fázisú. 1 fázisú: olcsó előállítani, széleskörben használt. 3 fázisú motor: Drágább előállítani, magasabb hatásfokú, nagyobb teljesítményű.
- **Önindukció:**
$$U_{\text{önindukció}} = L * \frac{\Delta I}{\Delta t}$$
 L= Induktivitás (önindukciós együttható)
 - Az áram erősségének megváltozása a tekercsben, ellentétes feszültséget indukál.
 - Folyamat:
 - Bekapcsoláskor a hirtelen megindulóáram mágneses tere a tekercsben fluxusváltozást hoz létre.
 - Ez a fluxusváltozás feszültséget, hoz létre, amely Lenz törvénye miatt ellentétes irányú a hirtelen meginduló árammal.
 - Így amíg változik a fluxus (bekapcsolás pillanatában) addig lassítja a bekapcsolást. Kikapcsoláskor ugyan ez a folyamat zajlik le, de ellentétes irányba.

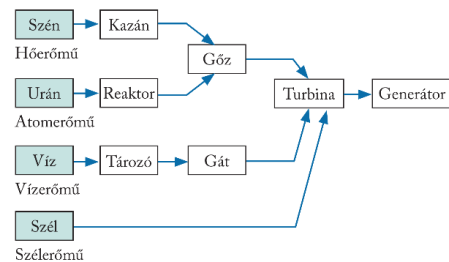
Váltakozó áram: Ha az áramerősség vagy feszültség időben változik.

- Feszültség függvény:
$$U = U_{\text{max}} * \sin(\omega * t)$$
- Áramerősség függvény:
$$I = I_{\text{max}} * \sin(\omega * t)$$
- Effektív érték: Olyan egyenáramú érték, amely ugyanannyi idő alatt ugyanabban a fogyasztóban ugyanannyi hőt fejleszt, mint a változó áram.
 - $$U_{\text{eff}} = \frac{U_{\text{max}}}{\sqrt{2}} \quad I_{\text{eff}} = \frac{I_{\text{max}}}{\sqrt{2}}$$
- Impedancia: Váltakozó áramkör eredő ellenállása.



Erőművek: A legnagyobb generátorok ebben vannak.

Európai uniós szabvány: 230V, 50Hz



Fizikatörténeti vonatkozások:

-



Michael Faraday (1791–1867)

Michael Faraday az 1820-as években elsősorban kémiai kutatásokat folytatott, felfedezte a benzolt, vizsgálta az acélötvezeteket. Ezzel párhuzamosan kezdett foglalkozni a mágneses és elektromos jelenségekkel. Tudatosan megtervezett kísérletsorozattal jutott el 1831-ben az indukciós törvényhez. Ekkor építette meg Ampère kísérletei alapján az első elektromotort. Ő használta elsőként vasreszeléket a mágneses mező szemléltetésére, és tőle származik a „mező” elnevezés is. Megalkotta az elektrolízis törvényeit, felfedezte az elektromos árnyékolást (Faraday-kalitka), vizsgálta a mágneses mező fényre gyakorolt hatását (Faraday-effektus).

Michael Faraday (Dagerrotípia az 1844 és 1860 közötti időszakból, Mathew Brady Stúdió)

Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928)



Holland Nobel-díjas fizikus.
Az elektromágnesség kutatója, a relativitáselmélet előkészítője.

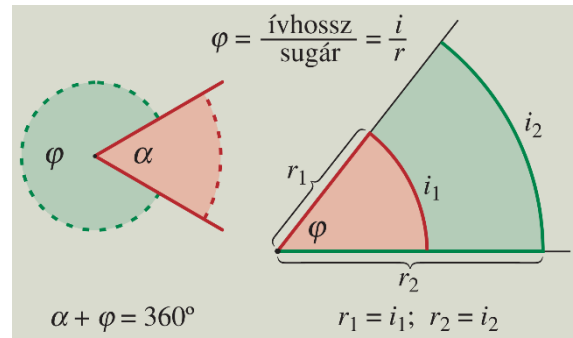
Olvasmány

13. Periodikus mozgások (körmozgás, rezgések)

Ha egy folyamatot jellemző mennyiség ismétlődik akkor ciklikusnak hívjuk. Ha az ismétlődés közben egyenlő időközönként azonos értékeket vesznek fel, akkor periodikus.

Körmozgás kinematikai leírása: Ha egy test mozgásának pályája kör alakú.

- A forgómozgás legegyszerűbb változata az, amikor a merev test forgástengelye rögzített.
- **Szögelfordulás** ($\Delta\varphi$): (fok mesterséges, radián természetes mértékegység) Radián mérték azt jelenti, hogy kör sugarával adják meg. 2π (radián) = 360°
Két egyenletesen forgó merev test közül az forog gyorsabban, amelyiknél ugyanannyi idő alatt nagyobb a szögelfordulás, vagy ugyanakkora szögelfordulás rövidebb idő alatt jön létre.



- **Periódusidő, rezgésidő:** Az időtartam, amely alatt a körpályán mozgó test a kör kerületét egyszer befutja. Jele: T [T] = s
- **Fordulatszám, frekvencia:** Időegység alatt (Δt) befutott körök száma (n).
 $f = \frac{n}{\Delta t}$ ($= \frac{1}{T}$ Ha egy kör megtételére nézzük) [f] = $\frac{1}{s} = Hz$
- **Szögsebesség, körfrekvencia:** $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ ($= \frac{2\pi}{T}$ Ha egy kör megtételére nézzük)
- **Kerületi sebesség:** A körmozgás kerületén mozgó pont sebessége. $v_k = \frac{s}{t} = \frac{2\pi \cdot r}{T} = \omega \cdot r$
- **Centripetális gyorsulás:** Mivel a sebességvektor iránya folyamatosan változik (még ha nagysága állandó is) akkor gyorsulása van. Iránya a kör középpontja felé néz.

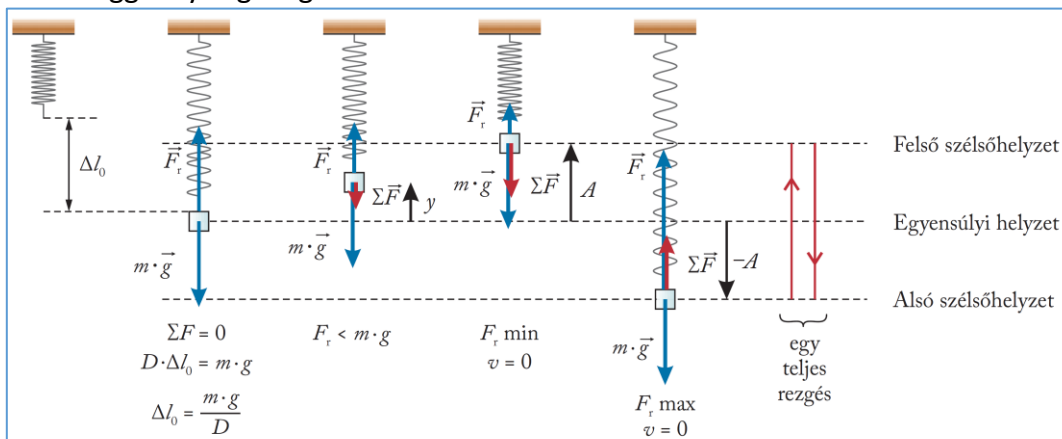
$$\vec{a}_{cp} = \frac{v^2}{r} = v \cdot \frac{v}{r} = v \cdot \frac{r \cdot \omega}{r} = v \cdot \omega = r \cdot \omega^2$$

Körmozgás dinamikai leírása:

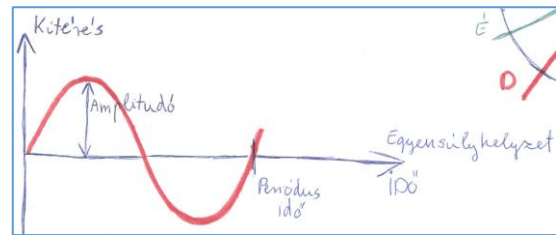
- Centripetális erő: Newton II alapján: $F_{cp} = m \cdot a_{cp} = m \cdot \frac{v^2}{r}$
- Centrifugális erő (fiktív erő): A tehetetlenség miatt a kör középpontjától kifelé mutat.
- Az egyenletes körmozgás fenntartásának az a dinamikai feltétele, hogy az anyagi pontot érő erők eredője mindig a kör középpontja felé mutasson, és nagysága változatlan legyen.

Rezgőmozgás: Egy tömegpont két szélső helyzet közötti periodikus mozgása.

- A harmonikus rezgőmozgást végző anyagi pont (**oszcillátor**) kitérésének időbeli változása szinuszfüggvény segítségével írható le.



- **Kitérés** (vektor): Az egyensúlyi helyzettől mért távolság.
- **Amplitúdó**: Legnagyobb kitérés.
- **Rezgőmozgás oka**: Dinamikája: $F = -D * \vec{y}$
- Minden harmonikus rezgőmozgást végző kisméretű testhez létrehozható egy olyan

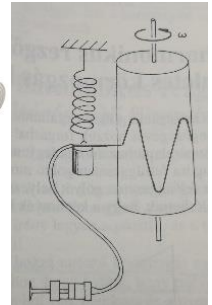
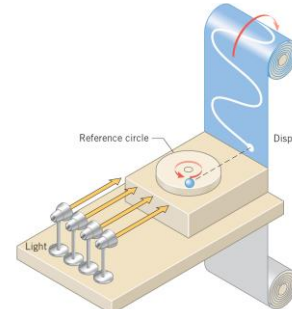


egyenletes (referencia) körmozgás, amelyben az ugyancsak kisméretű test merőleges vetülete (árnyéka) együtt mozog a rezgő ponttal.

- **Mik végeznek harmonikus rezgőmozgást?** Rugóra akasztott tömegpont, körmozgás vetülete, inga mozgás.

- Harmonikus rezgőmozgás függvények

- Kitérés-idő függvény:
 - $y(t) = A * \sin(\omega * t)$
- Sebesség-idő függvény:
 - $v(t) = A * \omega * \cos(\omega * t)$
- Gyorsulás-idő függvény:
 - $a(t) = -A * \omega^2 * \sin(\omega * t)$



- Rugó rezgés ideje: $T = 2\pi * \sqrt{\frac{m}{D}}$

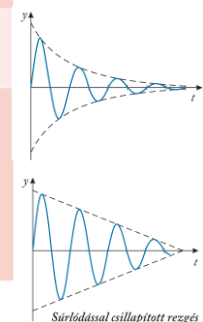
- A nagyobb tömegű testnek nagyobb a periódus ideje. (lomhábban mozog)

- Inga:

- **Fizikai inga**: Fonálra erősített nagy tömegű test, ahol a fonálnak van tömege.
- **Matematikai (fonál) inga**: Fonálra erősített nagy tömegű test, ahol a fonálnak nincs tömege és nyújthatatlan. Rezgés ideje:

$$T = 2\pi * \sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

Csillapítatlan rezgés	Csillapodó rezgés
A csillapító hatásokat egy másik hatással ki kell egyenlíteni.	A magára hagyott rezgő test amplitúdója a fékező hatások miatt csökken.
A rendszerbe energiát kell juttatni kívülről.	Azaz nem zárt a rendszer és csökken a rezgés energiája.
kétféle módon lehet energiát juttatni: 1. Megfeszítjük és elengedjük. (Szabad rezgés, sajátrezgés) 2. Periodikusan változó erőhatás éri.	Kettő típusa van: 1. Közegellenállással csillapított 2. Súrlódással csillapított



- Kényszer rezgés: Periodikus külső erő által létrehozó.

- **Rezonancia**: Az energiaátadás akkor a leghatékonyabb, azaz a kényszerrezgés amplitúdója akkor a legnagyobb, ha a periodikus külső erő frekvenciája megegyezik a test sajátfrekvenciával. (pl: USA 1940 Tacoma híd, földrengések épületeket rengetnek)

14. Hullámok (hang)

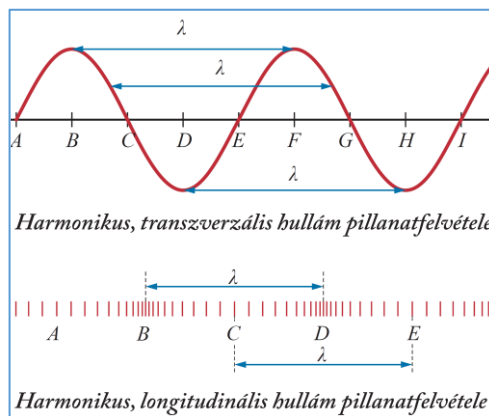
Négyjegyű: 129-

Hullám: Minden olyan változás/zavar/rezgés, amely valamilyen rugalmas közeg deformációjában tovaterjed. A zavar terjedési sebességét a részecskék rugalmas kapcsolati erőssége határozza meg. Csoportosítások:

- Bennük végbemenő változás jellege szerint:
 - Mechanikai hullámok pl.: hang, víz
 - Elektromágneses hullámok pl.: fény, rádió, wifi
 - Gravitációs hullámok

- Kiterjedés szerint:
 - 1D vonal menti hullám pl.: gitárhúr
 - 2D felületi hullám pl.: víz felületén
 - 3D térbeli hullám pl.: hang, fény

- Rezgés iránya szerint:
 - **Transzverzális** hullám: A részecskék rezgésének iránya merőleges a hullám terjedési irányára. hullámhegyek, hullámvölgyek (Pl: húr, fény)
 - **Longitudinális** hullám: A részecskék mozgása párhuzamos a hullám terjedési irányával. (sűrűsödés, ritkulás) Pl: Hang

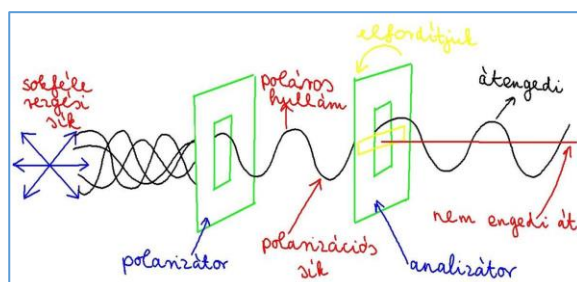


Hullámok jellemzése:

- **Hullámhossz:** Két szomszédos, azonos fázisú pontok távolsága. Jele: λ (lambda) $[\lambda] = \text{m}$
- **Periódusidő:** (két szomszédos, azonos fázisú hely időbeli távolsága) egy hullámhossz megtételéhez szükséges idő. jele T $[T] = \text{s}$
- **Amplitúdó:** A hullám maximális kitérésének nagysága. Jele: A
- **Rezgésszám, frekvencia:** Egységnyi idő alatt végzett rezgések száma. Jele: f $[f] = \text{Hz}$
- **Hullám terjedési sebessége:** Jele: c $c = \frac{\lambda}{T} = \lambda * f$
- Azt a közeget, amelyben ugyanaz a hullám lassabban terjed, hullámtanilag sűrűbbnek, amelyben gyorsabban, hullámtanilag ritkábbnak mondjuk.

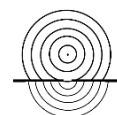
Hullámjelenségek:

- **Polarizáció:** Rezgés irányának meghatározása. Polarizáció = rezgési síkok kiszűrése.
 - Csak transzverzális hullámot lehet polarizálni.
 - Napszemüveg, 3D mozi
- **Visszaverődés** (reflexió): A hullám nem hatol be az új közegbe.

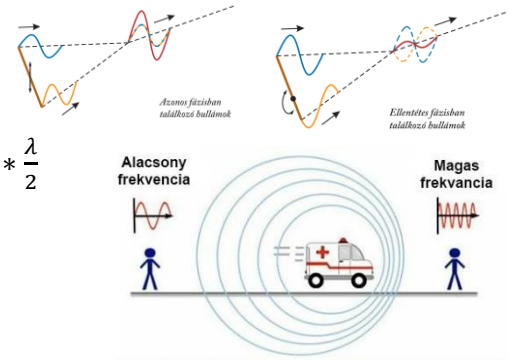


- **Rögzített vég:** a hullám visszaverődéskor ellentétes fázisban verődik vissza.
- **Szabad vég:** a visszaverődő hullám azonos fázisban, verődik vissza.
- **Törés** (refrakció): Behatol a közegbe, ahol általában megváltozott terjedési irányjal halad tovább. A hullám az új közeg határán, egy része behatol, másik része pedig visszaverődik.
 - Az új közegben eltérő terjedési sebességgel, ezért eltérő hullámhosszal, de azonos frekvenciával terjed a hullám.
 - **Snellius-Descartes törvény:** $\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{2,1}$

- **Elhajlás** (diffrakció): A résen (összemérhető a hullámhosszával) áthaladó hullámok az árnyéktérbe is képesek eljutni.



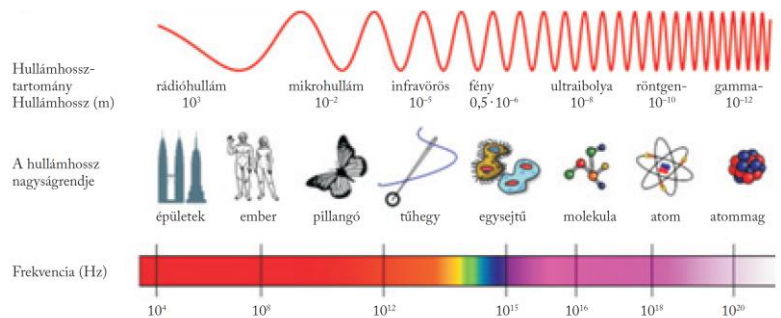
- Huygens–Fresnel-elv: A hullámtér minden pontja elemi hullámok kiindulópontja. A hullámtér minden jelensége leírható az elemi hullámok interferenciájaként.
- **Interferencia:** Egymással találkozó koherens hullámok egymásra hatása.
 - A hullámok erősítik egymást, ha azonos fázisban találkoznak. $\Delta s = 2k * \frac{\lambda}{2}$
 - A hullámok gyengítik egymást, ha ellentétes fázisban találkoznak. $\Delta s = (2k + 1) * \frac{\lambda}{2}$
- **Doppler-effektus:** A hullám frekvenciájának (és hullámhosszának) megváltozása a hullámforrás és a megfigyelő egymáshoz képest mozgása miatt.



Hang: A hang a közeg longitudinális hulláma. (sűrűsödés, ritkulás) A közeg (legtöbbször levegő) rezgését a hangforrás hozza létre.

- **Zene:** Nehezen definiálható. A zene a hangok tudatosan elrendezett időbeli folyamata.
- **Hang sebessége:** Levegőben $340 \frac{m}{s}$, Vízben $1400 \frac{m}{s}$, Acélban $5100 \frac{m}{s}$
- **Hangmagasság:** Hangköz: Két hang frekvenciájának az aránya. $\frac{f_1}{f_2}$
 - Egy hang oktávja a hullámhossza $\frac{1}{2}$ (frekvencia kétszerese). Kvintje $\frac{1}{3}$, terce $\frac{1}{4}$
 - Emberi hallás: 20 Hz – 20 000 Hz. Idősödve a magas frekvencia csökken.
 - **Lebegés:** Két közeli frekvenciájú hang együttes megszólaltatásakor egy periodikusan ingadozó erősségű hangot hallunk. (szekundok, szeptimek)
- **Hangszín:** annak a következménye, hogy a zenei hangok szinte sohasem egyetlen frekvenciát jelentenek, az alulfrekvencia mellett felharmonikusok is megjelennek.
- **Hangerősség:** a hangintenzitással mérhető. Mértékegysége: dB (decibel)
 - Hallásküszöb: A legkisebb hang, amit hallunk (0 dB). Idős korra a hang receptorok elhalnak (főleg a magas hangok érzékelése csökken a születéstől kezdve).
 - Zajszennyezés: 45 dB: pszichés, 60 dB: iroda, vendéglő, 130 dB: fájdalom küszöb
- **Hangforrás:** Húrosok, Fúvósok, Ütősök

Elektromágneses hullámok:



Fizikatörténeti vonatkozások:

- **Christiaan Huygens (1629–1695)**
 Holland fizikus és matematikus, a XVII. század egyik legtöbb konkrét eredményt felmutató fizikusa. Apja volt első tanítója, és az ő hatására szerzett jogi diplomát. Ennek ellenére már igen korán elkezdett érdeklődni a matematikai problémák iránt. Kúpszeletek területszámításával, majd valószínűség-számítási problémákkal foglalkozott. A fizika felé azután fordult, hogy testvérével *csillagászati távcsövet épített*. Felfedezte a Szaturnusz gyűrűjét és egy holdját, valamint az Orion-ködöt. *Megfigyelései pontos időmérést igényeltek*, ezért kezdte el vizsgálni az ingamozgást. Pontos óraművek készítésével is foglalkozott, több szabadalmat jelentett be ebben a témában. Vizsgálta az ütközések elméletét, az egyenes körmozgás mechanikáját is. Fénytani és hullámtani kutatásai is jelentősek. Értelmezte az optikai kettőtörés jelenséget. Legismertebb művében (*Értekezés a fényről*) a fényt – Newtonnal ellentétben – hullámként írta le. Ennek ellenére Newton elismerte munkásságát, tisztelte Huygenst. 1665-től 16 éven keresztül a *Francia Akadémia elnöke*. Rengeteg időt szánt a tudományra, mégis maradt ideje versírásra. Foglalkoztatta a Földön kívüli élet lehetősége is. A Marson hegyet, a Marson krátert, valamint űrszondát is neveztek el róla.



Christiaan Huygens
(Caspar Netscher festménye, 1671)

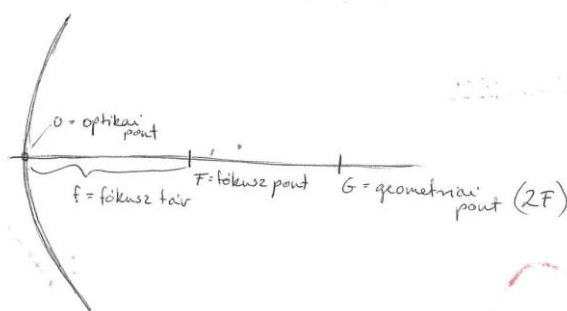
15. Geometriai optika (tükrök, lencsék)

Optika (fénytan)		
Geometriai optika	Fizikai optika	
	Hullámoptika	Kvantumoptika
Fény útjába kerülő „akadályok” hatására fénysugár vizsgálata.	A fényhullám tulajdonságait vizsgálja. Színek, színkeverések	A fény anyaggal való kölcsönhatását írja le, amely során fény keletkezik vagy megsemmisül.
<ul style="list-style-type: none"> • Visszaverődés (tükrök) • törés (lencsék) 	<ul style="list-style-type: none"> • Interferencia • Elhajlás • Polarizáció 	<ul style="list-style-type: none"> • Fotoeffektus • Compton-szórás • Párkeltés
	Fény: hullám	Fény: foton (energia adag)

- **Fény terjedési sebesség vákuumban:** $v_{fény} = c \approx 3 * 10^8 \frac{m}{s}$
- Akkor látunk egy tárgyat, ha a tárgy fényt bocsajt ki (elsődleges fényforrás) vagy fényt visszaver (másodlagos fényforrás) és a fénysugarak a szemünkbe jutnak.
- Képződés akkor történik, ha a fénysugarak iránya megváltozik (visszaverődés, törés) és úgy jut a szemünkbe. Ekkor a tárgy képét látjuk.
 - **Kép jellemzés:**
 - Fordított vagy egyenes (egyállású) állású
 - Nagyított vagy kicsinyített
 - valódi vagy látszólagos (virtuális)
 - **Leképezési törvény:** $\frac{1}{f} = \frac{1}{t} + \frac{1}{k}$
 - **Nagyítás:** $N = \frac{K}{T} = \frac{k}{t}$

Fényvisszaverődés (tükrök): A fény nem hatol be az új közegbe.

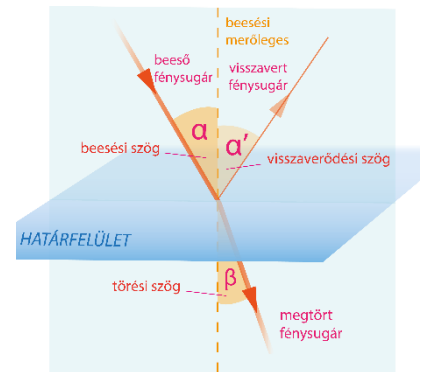
- **Alapfogalmak:** Geometriai középpont, fókuszpont, optikai középpont, fókusz távolság.
- **Tükrös visszaverődés:** Felület egyenes.
- **Szórt (diffúz) visszaverődés:** Felület egyenetlen



Síktükör	Gömbtükrő: Homorú	Gömbtükrő: Domború
A beesési szög egyenlő a visszaverődési szöggel. ($\alpha = \alpha'$)	Nevezetes fénysugarak	Nevezetes fénysugarak

Fénytörés (lencsék): A fény behatol az új közegbe.

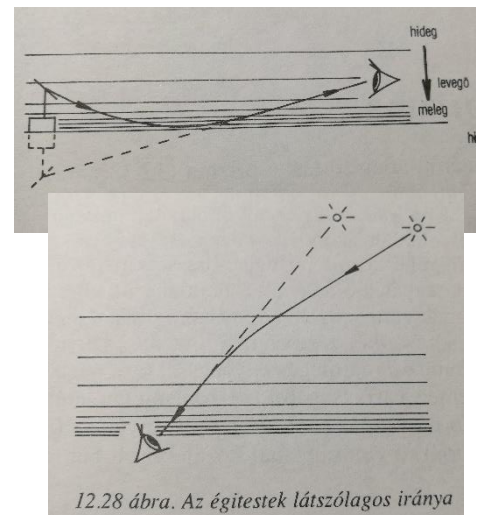
- **Snellius–Descartes-törési törvény:** $\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{2,1}$
 - A beeső fénysugár, a beesési merőleges és a megtört fénysugár egy síkban van.
 - A merőlegesen beeső fénysugár nem törik meg.



Gyűjtő (domború) (konvex) lencse	Szóró (homorú) (konkáv) lencse

- **Délibáb:**
Erős napsütésben a talaj feletti levegő melegebb ezért ritkább lesz, mint magasabban. A fény iránya fokozatosan változik, ennek köszönhető, hogy a tárgyaknak a fordított állású képét látjuk. Ugyanezért látjuk meleg nyári napsütésben, autóban ülve az út távolabbi foltjait tükrösen csillogni. Ilyenkor az égboltról ferdén érkező fénysugarak szenvednek teljes visszaverődést.

- Törőképesség (Dioptria): $D = \frac{1}{f}$ $[D] = \frac{1}{m}$



12.28 ábra. Az égitestek látszólagos iránya

Fizikatörténeti vonatkozások:

DESCARTES, RENÉ (1596-1650)
Francia matematikus, fizikus, filozófus



Nyolcéves korától egy jezsuita liceumba járt, később orvostudományt és jogot tanult, majd hadmérnöki képesítést szerzett. 1619-ben hosszú utazásra indult, eközben kezdett filozófiával foglalkozni. Járt Koppenhágában, Lengyelországban, Magyarországon, Ausztriában és Csehországban.

Descartes a fizikában elsősorban optikával foglalkozott: kidolgozta a fénytörés elméletét, és gyakorlati útmutatást adott a lencsék csiszolására.

Itt érdemes megemlíteni Newtont, Keplert és Galileit az általuk készített távcsövek miatt.

16. Optika (A fény, optikai eszközök)

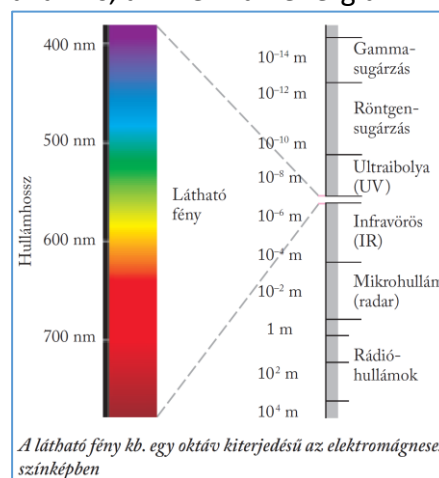
Optika (fénytan)		
Geometriai optika	Fizikai optika	
	Hullámoptika	Kvantumoptika
Fény útjába kerülő „akadályok” hatására fénysugár vizsgálata.	A fényhullám tulajdonságait vizsgálja.	A fény anyaggal való kölcsönhatását írja le, amely során fény keletkezik vagy megsemmisül.
<ul style="list-style-type: none"> Visszaverődés (tükrök) törés (lencsék) 	<ul style="list-style-type: none"> Interferencia Elhajlás Polarizáció 	<ul style="list-style-type: none"> Fotoeffektus Compton-szórás Párkeltés
	Fény: hullám	Fény: foton (energia adag)

Fény vizsgálatának rövid történelme:

- 1590 Jansen: Első mikroszkóp
- Első távcsövek 1609 Galilei (hollandi), 1611 Kepler (csillagászati)
- 1687 Huygens: A fény hullám (longitudinális)
- 1704 Newton: A fény részecske
- 19. sz Young, Fresnel: **A fény hullám (transzverzális) (lásd: 14. tétel)**
- 1817 Fresnel: Éter bevezetése (fény hordozó közege). Semmi nem tudja érzékelni.
- 1865 Maxwell: A fény elektromágneses hullám
- 19. sz Fizeau: Fénysebesség mérése a Földön. Vákuumban: $v_{fény} = c \approx 3 * 10^8 \frac{m}{s}$
- 1905 Einstein: A fény sebessége állandó (konstans). A fény energia adag (foton).
- 1920 kvantumfizika: Éter elhagyása, a fény részecske és hullám is, aminek van energia adaga.

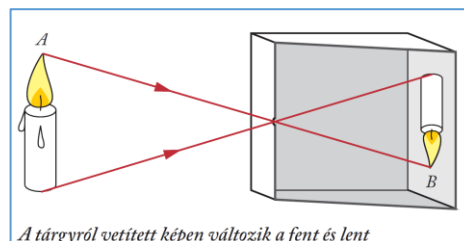
Általános jellemzők:

- A fény elektromágneses hullám. Legkisebb energia adaga a foton.
- A hullámhossz a szín. A teljes színskála a **spektrum**.
- **Fény terjedése:** A fénysugarak egyenes mentén terjednek (homogén közegben).
 - Amely anyagban lassabban halad a fénysugár azt fénytanalag, optikailag sűrűbb anyagnak nevezzük, ha gyorsabban, akkor optikailag ritkábbnak.
- **Fényforrás:** Az a test, amiből a szemünkbe érkezik a fény. (lásd: 4. tétel: kép)
 - Elsődleges: Az a test, ami létrehozza a fényt. (általában meleg) (Nap, Izzó)
 - Másodlagos: Az a test, ami a meglévő fényt a szemünkbe irányítja. (Hold, asztal ...)
- **Árnyékjelenség:** Egy akadály által fényt kitakarása. A sötétség a fény hiánya.
 - Teljesen világos
 - Fél árnyékos (elmosódott határvonal)
 - Teljesen árnyékos

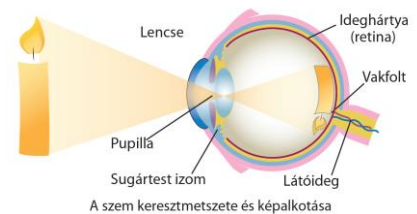


Optikai eszközök:

- **Lyukkamera** (Camera obscura): Célja: kép rögzítése, vetítése, nagyítása
- **Nagyító** (lupe): Legtöbbször egy domború lencse.
- **Vetítő** (pl: projektor): Objektív: Lencserendszer

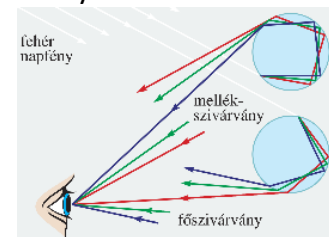


- **Fényképezőgép** (objektívvel ellátott lyukkamera). Rögzítés: régen kémiai reakció, ma elektron kisülés (CCD szenzor) fotoeffektus A foton becsapódása elektromos jelet hoz létre.
 - Kompakt: Legegyszerűbb kialakítás
 - Bridge: Átmenet a kompakt és DSLR között.
 - MILC: DSLR csak nincs benne mozgó alkatrész
 - DSLR: Tükör reflexes
- **Fénymikroszkóp, távcső:** Galilei (hollandi), Kepler (csillagászati). A távcsövek a messze lévő tárgyak látószögét növelik.
- **Szem:** A fény a szembe a pupilla nyílásán át jut. A kép az ideghártyán (retina) jön létre, amelyen a kiváltott inger a szemidegenen át jut el az agyba (pálcikák fekete-fehér, csapok RGB). A szem leggyakoribb rendellenességei a rövidlátás (szórólencse) és a távollátás (gyűjtőlencse). Ezeket szemüveggel vagy kontaktlencsével korrigálhatjuk.

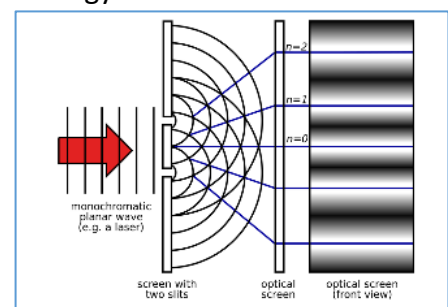


Hullámoptika:

- Fehér fénynyalábot színekre lehet bontani. Ekkor egy szivárványszínű sávot kapunk, aminek a neve Színkép (spektrum).
- **Színszóródás** (diszperzió): A törésmutató függ a fény hullámhosszától (színétől). Legkisebb mértékben a vörös szín térül el, legnagyobb mértékben a kék.
 - Legjobb színelbontó a **prizma**, mert kétszer is megtöri a fény.
 - **Szivárvány:** Eső és „hátról” érkező napfény szükséges. A fény megtöri a közel gömb alakú vízcsepp felszínén, majd a vízcsepp belsejében egyszer (vagy kétszer, ha kettős szivárvány) visszaverődik, majd kilép a vízcseppből töréssel.
- **Összetett szín:** több szín keveréke.
- **Homogén** (monokromatikus): tovább fel nem bontható szín.
- Színkeverések:
 - **Additív** színkeverés (fények keverése): A szemünkbe egyidejűleg több különböző színű fény jut.
 - **Szubtraktív** színkeverés (festékek keverése): A beeső fényből bizonyos színeket kiszűrünk. Például a fák leveleiben lévő klorofill.
 - **Színrendszerek:** RGB (fények, kijelzők), CMYK (festékek, nyomtatás)
- **LASER** (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation): Fénysugarak szétartása kicsi. Egyszínű (monokromatikus) (egy hullámhosszt tartalmaz)
- **Fényhullám viselkedései:** (lásd 14. tétel. Itt csak felsorolni kell. Amiről részletesen kell beszélni:)



- **Visszaverődés** (tükrök): A fény a felületen visszafordul. $\alpha = \alpha'$
- **Törés** (lencsék): A fény a felületbe behatolva irányt vált. $\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{2,1}$
- **Interferencia:** Egymással találkozó koherens hullámok egymásra hatása.
- **Elhajlás:** A résnek összemérhetőnek kell lennie a fény hullámhosszával.
 - Két résen áthaladó hullámnál egyszerre jelentkezik az elhajlás és az interferencia. Vonal szerűen jelennek meg az erősödések és gyengítések.
- **Polarizáció:** A fény transzverzális hullám.



17. Az atom szerkezete, atommodellek

A 19. század végére úgy gondolták, hogy már majdnem mindent tudnak a fizika tudomány témaköréből, csak néhány dolog hiányzott. Majd az új felfedezések ellentmondásra jutottak, amelyeket tovább kutatva egy egészen más világ, más szabályokkal jelent meg. Például az atomok felépítése, a fény viselkedése, a hőmérsékleti sugárzás értelmezése.

Alapfogalmak:

- **Elem:** Olyan anyag, amelyben csak egy fajta atom fordul elő. Vegyjellel jelöljük. (118 db)
- **Rendszám:** Egyenlő az atommagban lévő p^+ számával. Kémiai anyagminőség.
- **Tömegszám:** Atomban a p^+ és n^0 együttes tömeg száma.
- **Izotóp:** Atommagjában azonos számú p^+ , de eltérő számú n^0 van. (Mengelejev periódusos rendszerben ugyanazon a helyen található)
- **Ion:** Atommagjában azonos számú p^+ , de eltérő számú e^- . Töltéssel rendelkező atom. (e^- többlet Anion -, vagy hiány Kation +)
- **Molekula:** Kémiai kötésekkel összekapcsolódó atomok csoportja.
 - Atomok átlagos méretei: Átmérő: $10^{-10} m$ Tömege: $10^{-27} - 10^{-25} kg$

Elektron felfedezése:

- **Thomson 1897:** Katódsugárcsőben az elektront eltéríti. $m_e = 9,1 * 10^{-31} kg$
- **Faraday:** Elektrolízis alapján ez az **elemi töltés.** $Q_e = e = -1,6 * 10^{-19} C$
- **Millikan kísérlet:** vízszintesen elhelyezett kondenzátorlemezek közé olajcseppeket porlasztott, majd ezeket mikroszkópon keresztül figyelte meg. Egy olajcseppet kiválasztva addig változtatta az elektromos mezőt, míg a porlasztás során töltést kapott olajcsepp lebegni kezdett.

Modern fizika kezdete:

- 1800-as évek: A fizika egyre fontosabb tudomány, majd az egyik legfontosabb természettudomány. Alapja a műszaki mérnököknek, ipari forradalomnak.
- 1900 elejére: majdnem egészé állt össze a fizika. De Planck aztán Einstein ötletei alapján újra kell alkotni az eddigi tudást.

Fényelektromos jelenség: Minden test sugároz elektromágneseshullámot, mert minden test melegebb, mint 0K. Tehát a **hőmérsékleti sugárzás is elektromágneses** sugárzás.

- **Planck-formula (1900):** Elektromágnesestér (foton) energiája nem lehet akármekkora (kvantált). Energiáját a frekvenciájában, hullámhosszában tárolja

$$\epsilon = h * f = h * \frac{c}{\lambda} \quad \text{Planck állandó: } h = 6,63 * 10^{-34} Js$$

- **fényelektromos jelenség (fotoeffektus):** A fémből az UV fény hatására elektronok lépnek ki. (napelemek)
 - Fény frekvencia -> kilépő e^- energiája
 - Fényerősség -> kilépő e^- száma

$$\epsilon = W_{ki} + E_{kinetikus}$$

- Foton és elektron ütközése:

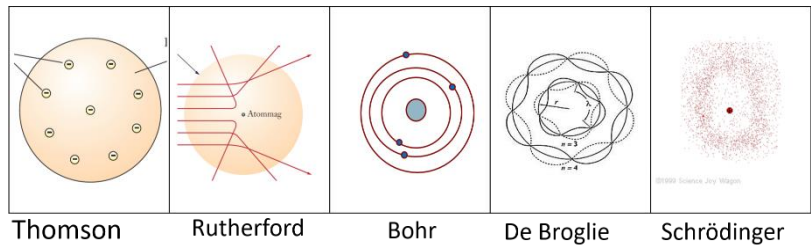
A fémre jellemző kilépési munka

$$h \cdot f = W_{ki} + \frac{1}{2} m \cdot v_{max}^2$$

A foton energiája
A kilépő elektron maximális energiája

Fotoeffektus	Foton teljes energiáját átadja egy elektronnak.	Egy kötött elektron magasabb energia szintre kerül.	Röntgen-sugárzás (foton)
Compton-szórás	Foton energiája egy részét átadja egy elektronnak	Egy szabad elektron magasabb energia szintre kerül.	Röntgen-sugárzás (foton)
Párkeltés	A foton teljes energiáját átadja egy elektronnak.	Foton megszűnik. Létrejön elektron + pozitron	Gamma-sugárzás (foton)

Atommodellek:



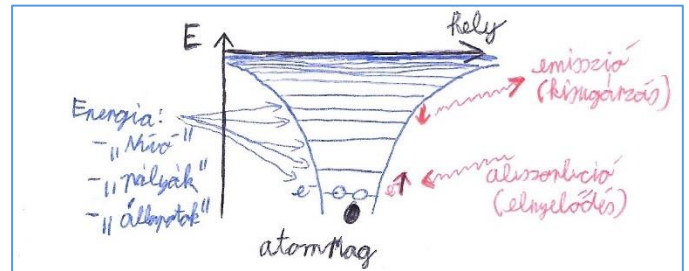
- **Thomson** „Mazsolás puding modell”: Pozitív töltésű gömbben elektronok elszórva.

- **Rutherford**: Pozitív töltésű kicsi atommag, körülötte egy gömbben az elektronok bárhol.
 - Szórás kísérlet (1911): Vékony arany réteget α -részecskével bombázott, amelyek élesen eltértek a várt irányoktól. Felfedezte az atommagot, amelyről lepattantak.

- **Bohr** modell: (Vonalas színek értelmezését adta meg.)

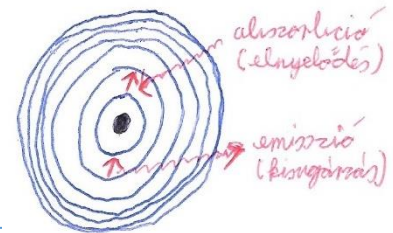
1. Az e^- a mag körül körpályán mozog. Ez az e^- **pálya**, vagy **energia szint**, vagy e^- **állapot**. (Mind a három név ugyan azt jelenti.) A nulla energia szint a szabad e^- .

2. Az **elektron pályák közti átmenetek** úgy mennek végbe, hogy ha egy e^- magasabb pályára lép, akkor fotont nyel el (ezzel biztosítva a magasabb energia szintet), ha alacsonyabb pályára lép, akkor fotont bocsájt ki (leadva a megmaradt energiát). A foton energiája (frekvenciája) egyenlő a két e^- pálya energiájának különbségével.



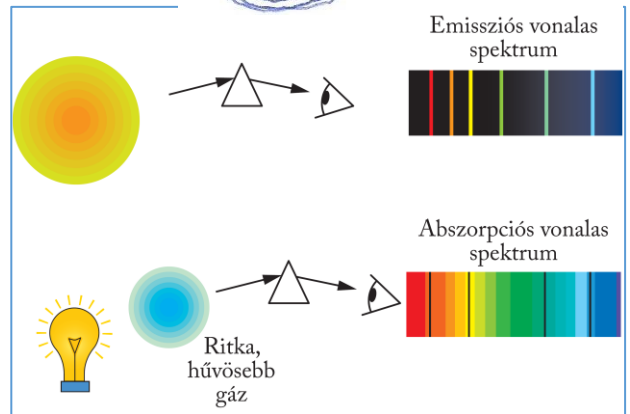
$$h * f = E_n - E_m = \Delta E$$

- A foton kibocsátása (emissziós színek) és elnyelődése (abszorpció színek) a frekvencia tárolja az energiát, azaz a foton színe megmondja, mely energia szintek között ugrott. Az ilyen vonalas színek alapján azonosítható az anyag.



3. Az e^- -ok csak bizonyos megengedett pályákon (energia szinteken) lehetnek (**kvantált**).

- **Energiaminimum-elv**: Az e^- -ok a lehető legkisebb energiájú atompályákon vannak.
- **Pauli-elv**: Egy atomban nem lehet olyan e^- , amelyben mind a négy kvantumszám megegyezik.



- **Hund-szabály**: Az e^- -ok egymástól a lehető legtávolabb helyezkednek el.

- **De Broglie** (1923): Minden részecske hullám természetet mutat. Az e^- hullám állóhullámként viselkedik.

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m*v}$$

- Kimutatása: Interferencia alapon a Davissón-Germer kísérlet.
- **Elektronmikroszkóp**: Fény hullámhossz helyett e^- hullámhosszal vizsgál.

- **Kvantummechanika**: Heisenberg és Schrödinger matematikai modellje. Valószínűségi jellegű

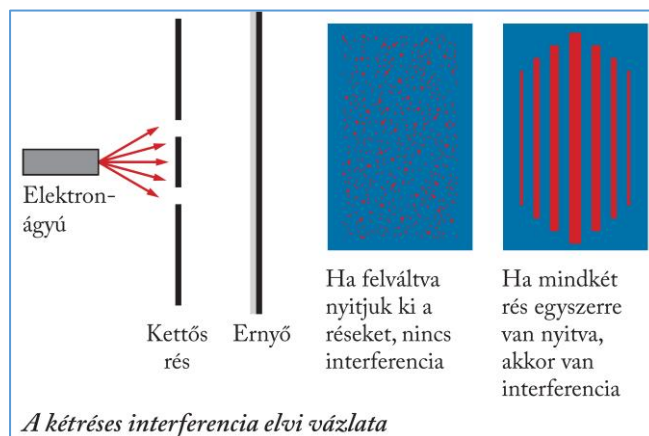
- **Heisenberg-féle határozatlansági relációk**: Egy részecske helyét (x) és lendületét (p) egyszerre tetszőleges pontossággal nem tudjuk megmérni elvi okokból.

(Δ = bizonytalanság)

$$\Delta x * \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

Az anyag kettős természete:

- Ha e^- -okat egyesével engedjük át akkor az ernyőig elérve hullámként viselkedik. Ha eléri az ernyőt (azaz meg akarjuk mérni), akkor becsapódik, mint részecske, aminek a helye teljesen valószínűség jellegű.
- Az e^- és a foton kettős természetű, és a hullám-részecske tulajdonságuk egymástól el választhatatlan. A rajtuk végzett kísérlet jellege határozza meg, hogy a két természet közül melyiket érzékeljük.



Fizikatörténeti vonatkozások:

RUTHERFORD, SIR ERNEST (1871-1937) Angol fizikus



Az egyetemes fizikatörténet egyik legnagyobb kísérleti fizikusa. Munkássága meghatározó az atomszerkezet megismerésében.

A radioaktivitás jelenségét kutatva 1897-ben felfedezte az alfa- és a béta-sugárzást, majd 1908-ban kimutatta, hogy az alfa-részecskék valójában héliumatommagok.

1911-ben alkotta meg atommagból és a körülötte keringő elektronokból álló atommodelljét. Létrehozta az első mesterséges magátalakulást.

- 1908-ban Nobel-díjat kapott a kémia területén elért munkásságáért.

Niels Henrik Bohr (1885–1962)

Olvasmány

Dán fizikus, minden idők egyik legtekintélyesebb elméleti fizikusa. Apja híres pszichológus volt. Bohr fiatal korában szenvedélyes labdarúgó volt, kapusként többször védte az egyik legismertebb dán labdarúgócsapat hálóját. Egész életében nagyszerű sportember maradt, a hegymászás, a vitorlázás sem volt idegen tőle.

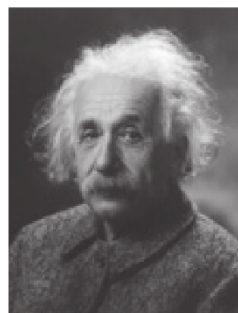
Kezdetben kiváló kísérleti fizikusnak indult, J. J. Thomsonnál, Rutherfordnál is megfordult. 27 évesen már magántanár volt a koppenhágai egyetemen. 1913-ban *tette közzé atomelméletét*. 1921-ben *Koppenhágában létrehozták a Bohr Intézetet*, ami az elméleti fizika fellegrája lett, ahova a fiatal fizikusok valószínűs „zarándoklatra” jártak. A kvantumfizika uralkodó értelmezését ma is úgy nevezik, hogy „koppenhágai értelmezés”.

1922-ben Nobel-díjat kapott az atommodelljéért. 1936-ban érdeklődése az atommagfizika felé fordult. 1939-ben *megadta a maghasadás pontos elméletét*. 1943-ban a németek által megszállt Dániából sokak menekülését támogatta, segítette, míg végül ő maga is Svédországba emigrált. Onnan az USA-ba került, *részt vett az atombomba kifejlesztésében, de a nukleáris fegyverkezési verseny veszélyeit ő ismerte fel az elsők között*. A háború után hazatért, és tovább vezette intézetét. Halála után fia, Aage Niels Bohr (1922–2009) követte az intézet élén, aki 1975-ben szintén fizikai Nobel-díjat kapott.

Albert Einstein

Olvasmány

Gyermek- és ifjúkora nem volt nyugodt, mert családja sokszor költözött, és fiatalon már külön kellett élnie a szüleitől. 1900-ban végzett a híres Zürichi Műszaki Főiskolán, de nem kapott olyan állásokat, amilyenre vágyott. 1903-ban a Svájci Szabadalmi Hivatalban helyezkedett el mint szakértő. 1905-ben, a „csodák évében” négy olyan dolgozatot is írt, ami új korszakot nyitott a fizikában. Ekkor magyarázta meg a fényelektromos jelenséget, és írta le a tömeg-energia ekvivalencia egyenletét. Némi „türelmi idő” után fokozatosan elkezdődött tudományos karrierje is, amelynek beteljesedéseként 1913-ban a berlini Vilmos Császár Fizika Intézet igazgatója lett. 1917-ben az általános relativitás elméletét is kidolgozta. Az 1921. évi Nobel-díjat a fényelektromos jelenségért kapta. Ezt követően a „fajvédő” antiszemita fizikusok céltáblájává is vált Németországban, ezért az Egyesült Államokba vándorolt ki, ahol tárt karokkal fogadták, és haláláig élt.



Albert Einstein (1879–1955)

18. Magfizika (maghasadás, radioaktivitás)

Az atommag összetétele:

- **Nukleon:** $p^+ + n^0$
- (Lásd 17. tétel alapfogalmai)

$$\text{neutron} = A - Z$$

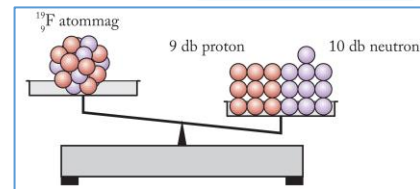
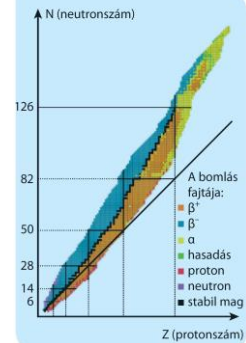
- Proton: ${}^1_1\text{H}$ (vagy: p).
- Deutérium: ${}^2_1\text{H}$ (vagy: D) Az atommagot külön szokták deuteronnak is nevezni.
- Trícium: ${}^3_1\text{H}$ (vagy: T). A trícium nem stabil.

Tömegszám Vegyjel ${}^A_Z\text{Vegyjel}$

	p^+	n^0	e^-
Relatív tömege	1	1	$\frac{1}{1840}$
Relatív töltése	1	0	-1
Töltése (C)	$1,6 \cdot 10^{-19}$	0	$1,6 \cdot 10^{-19}$

Magátalakulások

1. **Radioaktivitás:** Külső behatás nélküli kisebb atommagokká szétesik.
 2. **Maghasadás (fisszió):** Bombázó részecske hatására (lassú n^0 (kis energiájú n^0 , termikus n^0)) kisebb atomokká szétesik.
 3. Magegyesülés (**fúzió**): Könnyű magok nehéz maggá egyesül.
- **Magerő** (maradék erős erő): Nukleonok között ható vonzó erő.
 - **Töltésfüggetlen:** p^+ és n^0 nem befolyásolja.
 - **Rövid hatótávolságú:** $10^{-15} m$ -en belül jelentős.
 - **Erős:** Hatótávon belül erős hatású.
 - **Kötési energia:** Az energia, ami egy adott atommagot teljesen különálló nukleonokra bontásához kell a magerő ellenében.
 - **Tömegdefektus:** Az atommagok tömege mindig kisebb, mint a bennük lévő nukleonok tömege. A hiányzó tömeg a kötési energia. ($E = \Delta m_0 \cdot c^2$)
 - Kémiai elemek osztályozása kötési energia alapján.
 - **Vas** (Legstabilabb) a legerősebb a mag kötési energiája. A p^+ taszítják egymást, de a n^0 -ra hat a kötési energia. Az ennél nagyobb atomok n^0 -jai már túl távol vannak egymáshoz, hogy a kötési energia érvényesüljön.
 - Nehéz atommagok kisebbé hasadásakor energia nyerhető. **Fissziós (hasadásos)** energia. Hasonló folyamat a radioaktív bomlás.
 - Könnyű atommagok nagyobbá egyesülésekor energiát nyerhetünk. **Fúziós energia**



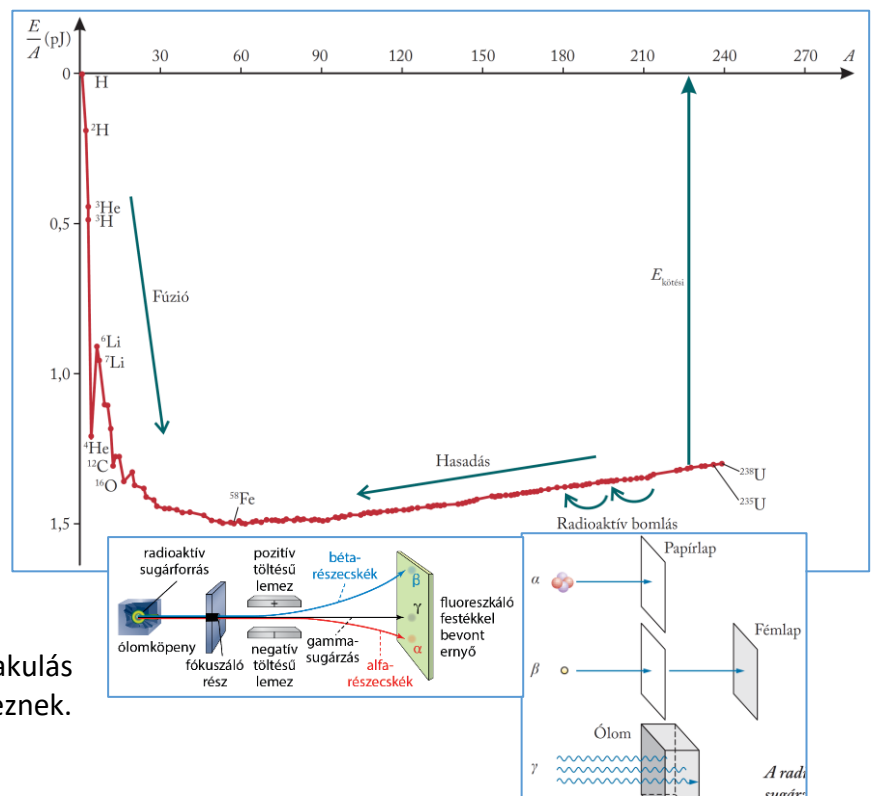
protonok össz-tömege $Z \cdot m_p$, neutronok össz-tömege $(A-Z) \cdot m_n$, a mag tömege M

Tömegdefektus: $\Delta m = Z \cdot m_p + (A-Z) \cdot m_n - M$

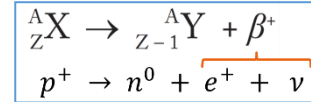
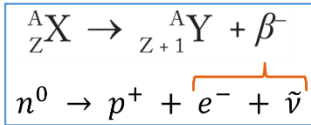
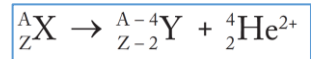
Kötési energia nagysága: $E = \Delta m \cdot c^2$

1. Radioaktivitás:

- **Curié** (~1900): Széles körben elterjedté tették. Sugárzást mérő műszer létrehozása.
- **Rutherford:** Radioaktív sugárzásokat megkülönböztette. α, β, γ bomlási törvények.
- Elektromos mezőben a sugárzások viselkedései:
 - α = a negatív töltés enyhén vonzza.
 - β = a pozitív töltés erősen vonzza.
 - γ = nem hat rá az elektromos mező.
- **Bomlási törvények:** Magátalakulás során az atommagból keletkeznek. (még az elektron is)

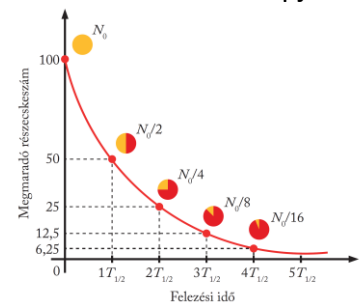


- **α -bomlás:** a leányelem rendszáma 2-vel, a tömegszáma 4-gyel csökken. A részecskék kis energiájú, kis áthatoló képességű.
- **Negatív β -bomlás:** a leányelem rendszáma 1-gyel nő, a tömegszáma változatlan. Az atommagból származó n^0 átalakul p^+ és e^- -á. Létrejön még antineutrínó.
- **Pozitív β -bomlás:** a leányelem rendszáma 1-gyel csökken, a tömegszáma változatlan. Az atommagból származó p^+ átalakul n^0 és e^+ pozitronná (anti e^-). Létrejön még neutrínó.
- **γ -bomlás:** Nem változtatja meg a tömegszámot és a rendszámot. α és β bomláskor a többlet energiát γ -fotonnal adja le. Nagy energiájú elektromágneses sugárzás.



- **Geiger-Müller számláló:** Az az eszköz, ami a bomlásból keletkező részecskéket számolja.
- **Felezési idő:** Az az idő, ami alatt a radioaktív részecskék száma a felére csökken. Ez külső körülménytől nem függ és statisztikus jellegű, mert a bomlás véletlenszerű. Ennek alapján a **bomlás után megmaradt részecskék száma:**

$$N(t) = N_0 * \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} = N_0 * 2^{-\frac{t}{T}}$$



- **Aktivitás:** Időegység alatt elbomlott részecskék száma.

- Természetes radioaktivitások: $A = \frac{N_0 - N_t}{T} = \frac{\Delta N}{T}$

- Kozmikus részecskék becsapódása okozza. ${}^{14}\text{C}$ keletkezik a levegő N tartalmából kozmikus sugárzás hatására. Ennek a ${}^{14}\text{C}$ izotóp és ${}^{12}\text{C}$ stabil atom aránya az alapja a szén típusú kormeghatározásnak.

- Geotermikus energia: Földben termelt hő innen származik. Legelterjedtebb izotóp: ${}^{40}\text{K}$

- A láncreakcióhoz használt leggyakoribb radioaktív anyag a ${}^{235}\text{U}$.

Sugárzás fajtája	Előfordulása	Behatolása a szervezetbe	Élettani hatása	Védekezés
α -sugárzás	radon és leányelemei	főleg belélegzéssel; a bőr felszíne könnyen elnyeli	a szervezetbe kerülve erősen roncsol, pl. tüdőt	rendszeres szellőztetés, dohányzás elhagyása
β -sugárzás	bizonyos orvosi alkalmazások	a szövetekben néhány mm vagy cm után elnyelődik	bőrt és szemet károsít	nagy rendszámú fémekkel, például ólommal
γ -sugárzás	röntgensugárzás, orvosi alkalmazások	mélyen behatolva a belső szerveket is károsítja	égési sebek a bőrön, a test belsejében is károsít	nagy rendszámú fémekkel, például ólommal
Neutron-sugárzás	mághasadások keletkeznek reaktorokban	mélyen behatolva a belső szerveket is károsítja	a γ -hoz hasonló, de annál is veszélyesebb	kis rendszámú elemekkel (víz, paraffin) ütköztetve lelassítják, majd elnyelik, pl. bórral

2. Maghasadás, láncreakció:

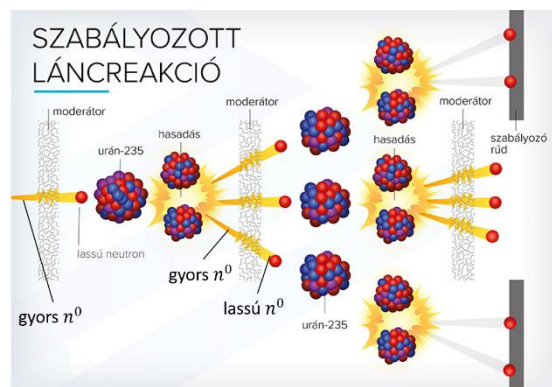
- Neutronra nem hat Coulomb erő így, ha atommagba lőjük, akkor nagy eséllyel segíti a széthasadást. A lassú n^0 (kis energiájú n^0 , termikus n^0)

nagyobb eséllyel vált ki reakciót, mint a gyors. **Moderátor közeg:** n^0 lassító közeg. Az atomerőművekben a moderátor közeg a hűtővíz is egyben.

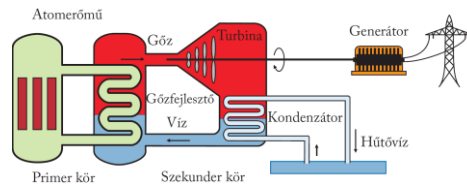
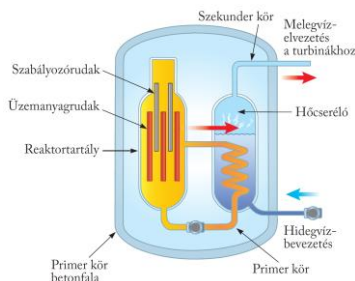
- **Maghasadás:** Egy nehéz mag két (vagy több) közel azonos tömegű közepes magra bomlik.
- **Láncreakció:** A reakció során keletkező termékek a folyamatot újraindítják. Sokszorozási tényező: Hasadás után a következő generáció hány-szorosa az előzőnek.

- $k < 1$: szubkritikus: Hasadások száma csökken.
- $k = 1$: kritikus: Hasadások száma időben nem változik. (atomreaktor)
- $k > 1$: superkritikus: Hasadások száma nő. szabályozatlan (atombomba)

- Sokszorozási tényező szabályozó rudakkal szabályozható. (kadmium, bróm, „grafit”)



- Atomerőmű szerkezeti rajza:



Fizikatörténeti vonatkozások:

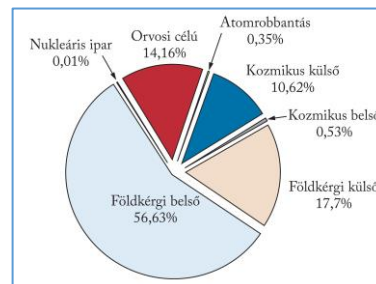
Wigner Jenő (1902–1995)

A legendás budapesti Fasori Evangélikus Gimnázium tanulója volt. Itt tanította fizikára Mikola Sándor, aki akadémikusként oktatta a középiskolásokat. Egész életében nagy szeretettel és hálával gondolt vissza tanáira, különösen Rátz Lászlóra, aki matematikát tanított neki. Wigner egyesült államokbeli dolgozósobájának falára is kitette tanára fényképét.

Mivel apjának bőrgyára volt Újpesten, ezért Wigner Jenő vegyésznek tanult a Műegyetemen. Hamarosan azonban német egyetemekre került, és érdeklődése az újonnan megszülető kvantummechanika felé fordult. 1930-ban települt át az Egyesült Államokba, ahol főként a magreakciók elméletével kezdett el foglalkozni. A II. világháború alatt részt vett az első atomreaktor tervezésében, majd a Plutonium Project munkálatainak keretében az ő feladata lett a *tenyésztőreaktor* megtervezése és működtetése. A háború után tovább folytatta elméleti fizikai munkásságát. 1963-ban megkapta a fizikai Nobel-díjat „az atommagok és az elemi részek elméletének fejlesztéséért, kivált az alapvető szimmetriaelvek felfedezéséért és alkalmazásáért”. 1988-ban a Magyar Tudományos Akadémia is tiszteleti tagjának választotta. Ettől kezdve többször hazalátogatott.



Wigner Jenő



Marie Curie és a Curie család

Varsóban született, leánykori neve Skłodowska. Mivel akkoriban Lengyelországban nők még nem járhattak egyetemre, Párizs egyetemén kezdte meg felsőfokú tanulmányait. Itt ismerkedett meg Pierre Curie-vel (1859–1906), akivel 1895-ben házasságot kötött. 1896-ban Becquerel asszisztenseként kezdtek el a radioaktivitással foglalkozni. Munkájukat legendásan mostoha körülmények közt, egy külvárosi raktárhelyiségből átalakított laborban végezték. Több mint nyolc tonna, uránbányából származó meddő kőzetből tudták a rádium kloridjának tizedgrammnyi mennyiségét előállítani 1902-re. A rádium egyfajta szimbólumává vált a modern kornak. Az atomfizikai kutatásoknak ez lett az alapvető sugárforrása. 1903-ban férjével és Becquerellel együtt megosztva fizikai Nobel-díjat kaptak a radioaktivitással kapcsolatos munkásságukért. 1906-ban Pierre tragikus közlekedési baleset következtében elhunyt. Férje tansékét megkapva Marie Curie lett Párizs egyetemének első, és jó ideig egyetlen professzornője. 1911-ben megkapta második Nobel-díját, ezúttal kémiai, a rádium előállításáért. Azóta sem fordult elő az, hogy valaki két tudományterületen is Nobel-díjat kapjon. 1914-ben megalapította a párizsi Rádium Intézetet, a radioaktivitás gyógyászati alkalmazásainak kutatására és a rádium előállítására. Később az intézet a *magfizikai kutató-sok* egyik fellegvára is lett. 1922-ben az orvostudományi akadémia tagjai közé választották, s ettől kezdve elsősorban a *radioaktív anyagok kémiaiájának és orvosi alkalmazásának a kutatásával foglalkozott*. Nagy valószínűséggel a sugárzás okozta rákban hunyt el. Egyik lánya, Irène Curie (1897–1956) is a radioaktivitással foglalkozott, és szintén Nobel-díjas fizikus lett.



Marie Curie (1867–1934)

Olvasmány

Szilárd Leó

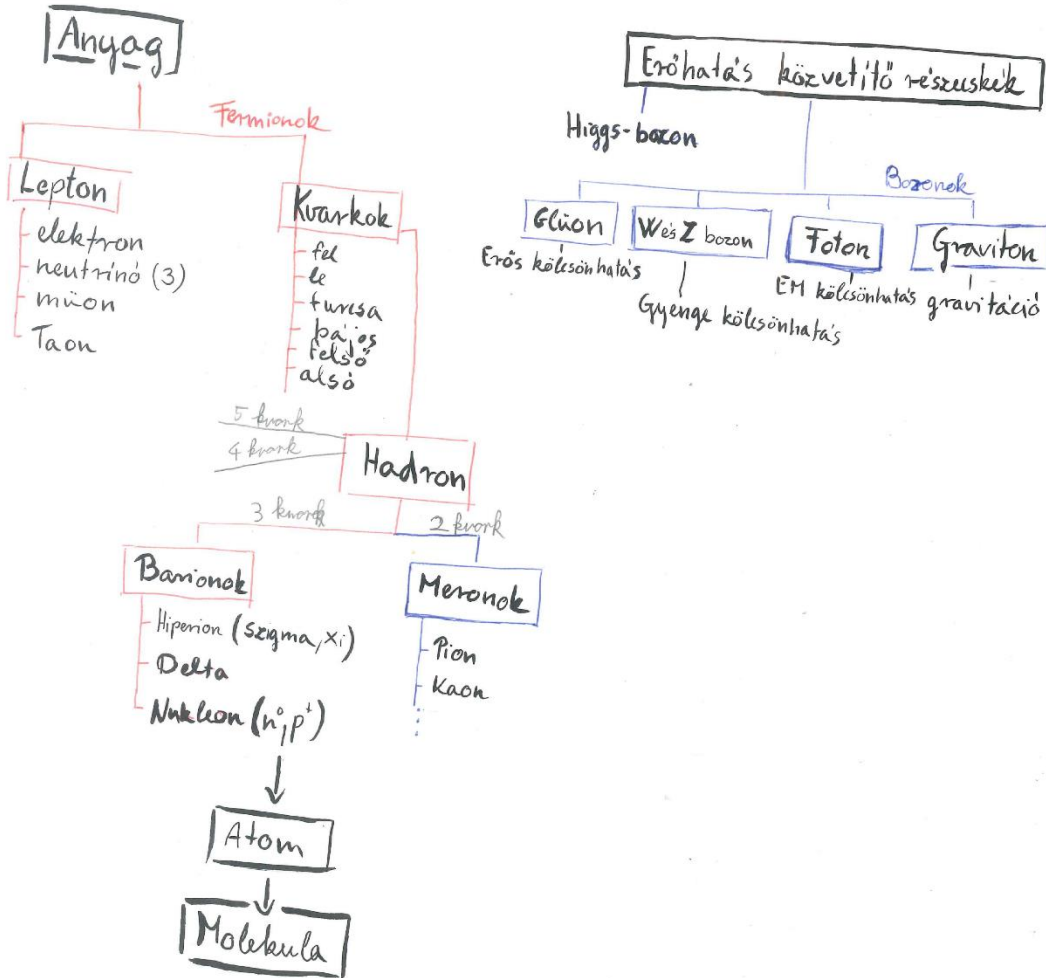
Budapesten született. 1908-tól a VI. kerületi Reál Gimnázium tanulója volt. 1916-ban érettségizett, majd beiratkozott a Műegyetemre. Hamarosan azonban elhagyta Magyarországot, 1919-ben Berlinben beiratkozott a berlini egyetem fizika szakára. Fizikaprofesszorai Einstein és Planck voltak. Einstein nagyra tartotta Szilárd Leó termodinamikai jelenségekről írott doktori értekezését, és a legkiválóbb minősítést adta rá. Ezt követően *hét évig Einstein munkatársa volt*. 1928-ban német szabadalmat kért a *lineáris részecskegyorsítóra*, majd a *ciklotronra* és az *elektronmikroszkópra* is. Ezeket az ötleteket azonban nem valósította meg. Einsteintel közös szabadalmat dolgoztak ki egy *mozgó alkatrészek nélküli hűtőgépre*, amelyeket ma különleges atomreaktorok hűtésénél használnak. 1929-ben megjelent klasszikus elemzése a termodinamika két főtételéről, amely *az informatikaelmélet egyik alapműve lett*. 1933-ban a náci uralom elől Angliába menekült. 1938-ban az USA-ba költözött, ahol 1942-ben *közreműködött az első atomreaktor indításában*. Az atombomba kifejlesztésében azonban nem vett részt, és hevesen ellenezte annak bevetését. A háború után aktív békeharcos lett, és érdeklődése a molekuláris biológia felé fordult. 1959-ben megállapították, hogy húgyhólyagrákja van. Viszszautasította a hagyományos kezelést, megtervezte saját sugárterápiáját, és felgyógyult a rákbetegségből.



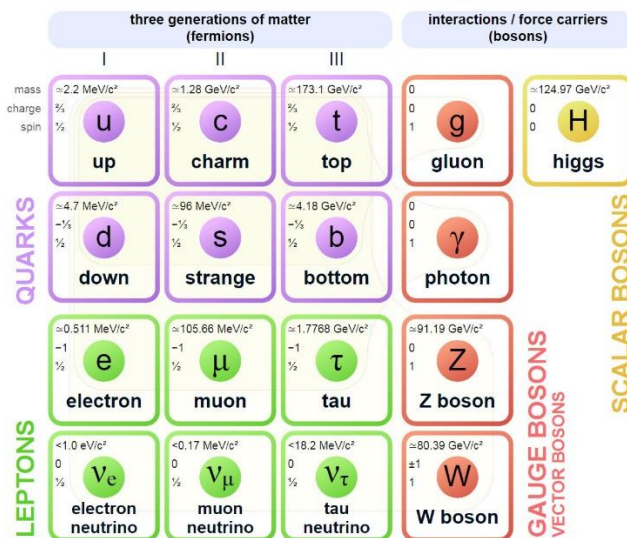
Szilárd Leó (1898–1964)

(nem kell a tételhez) Elemi részecskék standard modellje:

Részecske térkép



Standard Model of Elementary Particles



Kölcsönhatás típusa	Hatás	Erőhatás relatív nagysága	Ható-távolság
Erős magerő	nukleonokra hat	1	$\sim 10^{-15} \text{ m}$
Elektro-mágneses erő	statikus és mozgó töltött részecskék	10^{-3}	végtelen
Gyenge nukleáris erő	β -bomlásért felelős	10^{-5}	$\sim 10^{-18} \text{ m}$
Gravitációs erő	minden tömeggel rendelkező részecske	10^{-40}	végtelen

19. Gravitációs mező, Kepler törvények

Univerzum „Építő kövei” két típusba sorolható:

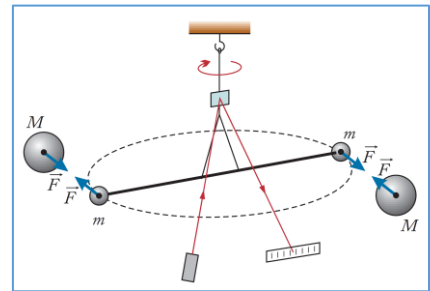
1. **részecskékből** felépülő (korpuzszkuláris): pontokban eloszló anyag (pl.: szilárdak, folyadékok, gázok) (Kvantummechanika szerint a részecskék is hullámok Heisenberg miatt)
2. Erőtér, **fizikai mező**: Folytonosan eloszló anyag (elektromos mező, mágneses mező, gravitációs mező)

A gravitációs mezőt a tömeg hozza létre. A **tömegmegmaradás törvénye**:

- A tömeg skalármennyiség.
- A tömegek összege állandó (konstans), ha a test halmazállapota megváltozik, vagy kémiai átalakulások játszódnak le.
- **Tehetetlen tömeg mérése**: Egy test gyorsítása során fellépő tehetetlenség mértékét tehetetlen tömeggel szokás jellemezni. ($F = m * a$) Vagy egy ismert gravitációs térben rugóra akasztva a rezgés idő mérésével a tömeg is meghatározható.
- A gravitáció erőhatás a másik 3 alap kölcsönhatáshoz képest nagyon gyenge ma. (Ősrobbanás környékén erősebb lehetett.)

1643-1727: **Newton**: A gravitáció a térben terjed. A tér lapos és mozdulatlan. Benne történnek dolgok, de azok nincsenek hatással a térre.

- A Holdat ugyan az a gravitációs erő tartja a pályán, mint a földre hulló testeket.
- **Cavendish inga** bizonyította. A tömegek vonzzák egymást és ennek az elmozdulását a tükörről visszavert fénysugár mozgása jelzi.
- **Két tömeggel rendelkező test** úgy lép kölcsönhatásba egymással, hogy az egyik tömeg által létrehozott gravitációs mező hat a mezőbe helyezett másik tömeggel rendelkező testre és fordítva. (Tehát a Föld nem a Nap körül kering, hanem a Föld és a Nap a közös tömegközéppont körül kering. Ami a Nap nagy tömege miatt a Nap térfogatában található.)



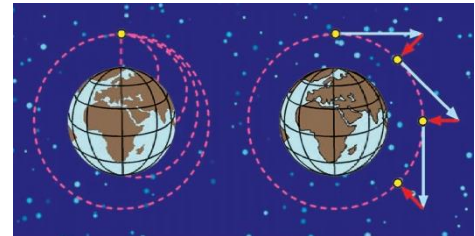
- **Általános tömegvonzás törvénye**: $F = \gamma * \frac{m_1 * m_2}{r^2}$
 - Gravitációs állandó: $\gamma = 6,67 * 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$
 - A gravitációs kölcsönhatás mindig csak vonzó lehet.
 - Az alapvető kölcsönhatások közül ez a leggyengébb.
 - A gravitációs mező hatása nem árnyékolható le.
- **Gravitációs mező jellemzői**
 - **Forrásos**: A tömeg hozza létre. Ahol tömeg van, ott kialakul a gravitációs mező.
 - **Örvénymentes**: gravitációs erővonalak zárt görbék. Önmagukba futnak és nem keresztezik egymást.

1879-1955: **Einstein**: A tér nem lapos és mozdulatlan, hanem képes nyúlni, csavarodni. A tér és idő ugyan annak a dolognak a két része. A tér-időnek.

- Speciális relativitás: Ha a tér-idő a sebesség miatt torzul.
 - Ha a térben gyorsan haladsz, akkor az időben lassan és fordítva.
- Általános relativitás: Ha a tér-idő a tömeg és sebesség miatt torzul.
 - A **gravitáció** maga a tér torzulása és nem benne terjed.
- A tér és idő egy dolog két része. Ha a tér torzul (gravitáció), akkor az idő múlása is torzul.
- A legnagyobb tömegek a **feketelyukak**, amelyek átszakítják a tér-időt, mert annyira torzul, hogy már a fény sem jut ki.

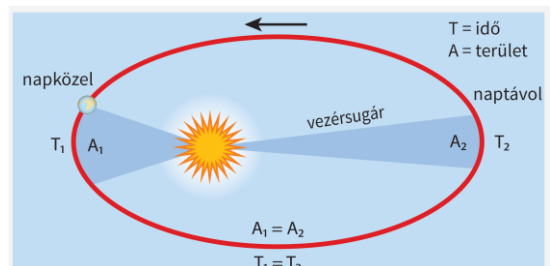
Erőhatások gravitációs térben:

- **Súly:** Az az erő, amely a gravitációs vonzás miatt húzza a felfüggesztést, vagy nyomja az alátámasztást. A gravitációs kölcsönhatásban súlyos tömeg van, míg a test tulajdonsága a tehetetlen tömeg. Eötvös Loránd feltételezte először, hogy ez a két tömeg azonos. Torziós inga
- **Súlytalanság:** Ha nincs alátámasztva vagy felfüggesztve. (Pl: szabadesés). A súlytalan állapot nem a gravitáció hiányát jelenti, hanem azt, hogy csak gravitációs erők hatnak a súlytalanak tapasztalt testre.
- Az űrállomás vagy a műhold a Föld körül kering. A testek szabadon esnek súlytalanságban, de van oldal irányú sebessége is. Ha nem lenne oldal irányú sebesség akkor a Földre esne. Ha ez a két hatás azonos nagyságú akkor pont kör alakú a pálya. Tehát a testek szabadon esnek a Földre, de mindig mellé esnek.



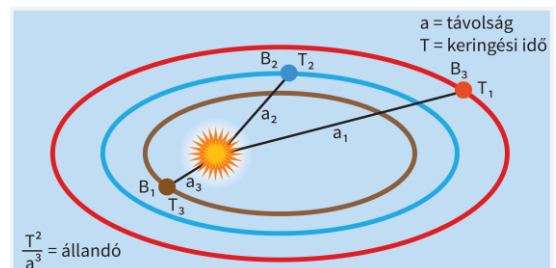
Johannes Kepler (1531-1630): német csillagász és kitűnő matematikus.

- **I törvény:** A bolygók ellipszis alakú pályákon keringenek, amelynek egyik gyújtópontjában (fókuszpontjában) a nap áll. (Ez ma már nem igaz, mert a bolygó is vonzza a Napot, így az nem marad egyhelyben.)
- **II törvény:** A Naptól a bolygókhoz húzott vezérsugár egyenlő időközök alatt egyenlő területeket sűrol. $A_1 = A_2$
 - Bolygó keringési sebesség napközelbe nagyobb, mint naptávolba.
- **III törvény:** Bolygók keringési időinek négyzetei úgy aránylanak egymáshoz, mint a bolygópályák fél nagytengelyeinek köbei.



$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

- Bolygó keringési ideje napközelbe kisebb, mint naptávolba.



Fizikatörténeti vonatkozások:

- **EÖTVÖS LORÁND (1848-1919)**
Magyar fizikus



A költő, regényíró, politikus Eötvös József fia. A tudománytörténet a legjelentősebb fizikusok között tartja számon.

Eleinte a kapilláris jelenségekkel foglalkozott: ennek során 1886-ban állította fel a róla elnevezett törvényt, amely a folyadékok felszíni feszültsége és a molekula-térfogat közötti összefüggést fejezi ki.

Nevét a Föld gravitációs terének vizsgálata tette világhírűvé.

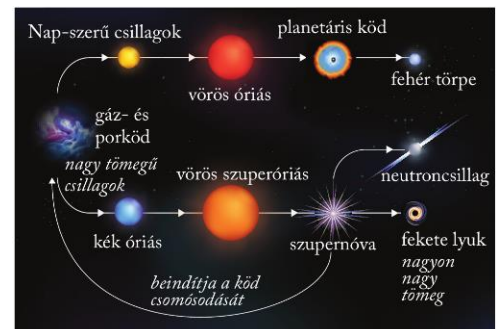
Eötvös az inga méréseire támaszkodva 1909-ben igazolta, hogy a gravitációs erő lényegében független a tömeg anyagi minőségétől.

20. Csillagászat (Csillagrendszerünk és a világegyetem szerkezete)

Csillagrendszer (Naprendszer) tagjai: A naprendszerben a Nap gravitációs ereje a meghatározó. 2 fényév sugarú gömb. Egy csillagrendszerben 6 objektum található:

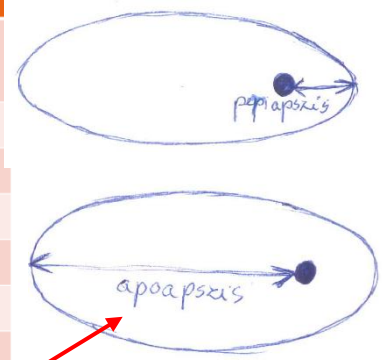
1. **Csillag:** (Nap) naprendszer tömegének 99%-át magában foglalja ez a csillag.

- Termonukleáris folyamat zajlik benne. (magfúzió) Másodpercenként 600 tonna hidrogén alakul át 596 millió tonna héliummá. A hiányzó tömeg alakul energiává -> Saját fénye van. Tömege: $2 * 10^{30} \text{ kg}$, Sugara: 696 000 km
- Mozgásai: **Forgás** a saját tengelye körül (deformálható test)
Keringés a naprendszer tömegközéppontja körül
- **Napfoltoknál** a mágneses tér felgyűródik, ezért nem bocsájt ki fényt. Nagyobb energiájú, mint a környezete és ez az energia nem hőmérsékletre fordítódik, hanem mágneses térre. Sűrűségük időben változik 11 éves ciklusban.
- Ha a napfolt párosok közötti **gázhidak (protuberanciák)** lefűződnek (összeérnek), akkor **napkitörés (flerek)** jönnek létre, amik töltött plazma részecskék és az űrben tova haladva **napszélként** terjednek.
- Csillag típusok:
 - Születésük: A gázcseppkék összehúzódnak, sűrűség nő és megindul a magfúzió.
 - **Barna törpe:** 2-8% Naptömeg. H fúzió nem indul be szabályosan.
 - **Vörös törpe:** 10-50% Naptömeg. Lassú H fúzió.
 - **Vörös óriás:** Kis tömegű csillagban, ha elfogy az égetendő H akkor felfúvódik.
 - **fehér törpe:** A vörös óriás a felfúvódott külső burkolatot ledobja és ami marad az a korábbi csillag magja. Lassú magfúzió.
 - **Fekete törpe:** Fehér törpe, ha minden folyamat megszűnik. (ilyet még nem találtak)
 - **Vörös szuperóriás:** Nagy tömegű csillagban, ha elfogy az égetendő H akkor felfúvódik. Majd halálukkor **szupernóvaként** felrobbannak, és ami marad az vagy **neutron csillag**, vagy **feketelyuk**.



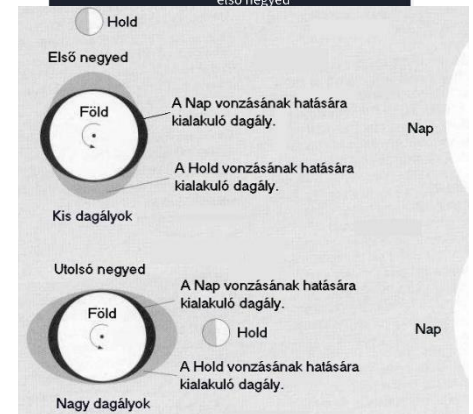
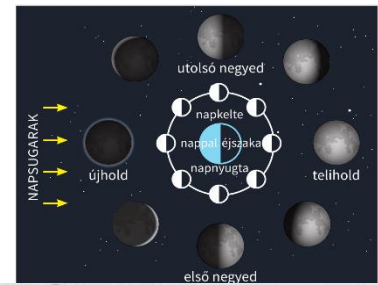
2. **Bolygó:** Csillag körül keringő kvázi gömb alakú égitest, amely a pályáját tisztára söpri. Saját fénye nincs.

	Belső (kőzet, Föld típusú) bolygók	Külső (gáz, Jupiter típusú) bolygók
Bolygók	Merkúr, Vénusz, Föld, Mars	Jupiter, Szaturnusz, Uránusz, Neptunusz
Tömeg	kisebb	nagyobb
Térfogat	kisebb	nagyobb
Sűrűség	nagyobb (több nehéz elem)	kisebb (több könnyű elem)
Kőzetburok	Kialakult a felszínen	Nem Kialakult a felszínen
Keringési idő	Rövidebb	Hosszabb
Holdak száma	Kevés	Sok
Gyűrűrendszer	Nincs	Van



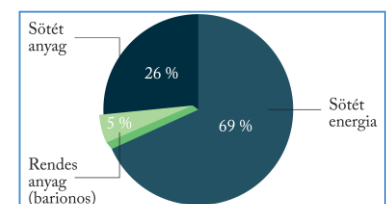
- Föld mozgásai: **Forgás** a saját tengelye körül. **Keringés** a Naprendszer tömegközéppontja körül. (2 nevezetes pont. Csillagtávoli: apoapszis. Csillagközeli: periapszis)

- **Törpebolygók:** Gömb alakú, de pályáját nem söpri tisztára. (Kisebb, mint a bolygók)
 - **Kisbolygók (aszteroidák):** Törpebolygóknál is kisebbek. Mars és Jupiter között és Kuiper övében vannak.
3. **hold:** Egy bolygó körül keringő égitest. A holdaknak nincsen saját fényük. Szilárd anyagból állnak. A Föld holdjának a neve **Hold**.
- **Keletkezése:** Föld ütközött a Theia bolygóval. A kilöködött anyag összegyűródött. Ekkor a Föld tengelye megdőlt $23,5^\circ$
 - **Mozgásai:** **Keringés** a Nap körül. **Keringés** a Föld körül (27,3 nap). **Forgás** a saját tengelye körül (27,3 nap).
 - **Holdfázisok:** 29,5 napos periódusú
 - Napfogyatkozás: Nap -> Hold -> Föld
 - Holdfogyatkozás: Nap -> Föld -> Hold
 - **Ár- apály- jelenség:** A Hold gravitációs ereje vonzza a Földet. A vizek könnyebben mozognak. (6 óránként)
4. **Üstökös:** Naphoz közel kerülve felmelegszik és az égitest felszín anyaga gázzá szublimál. Ezt a gáz nagyon ritka (Kóma) és elhagyja az égitestet (Csóva)
5. **Meteoroid:** kisméretű szilárd égitest a Naprendszerben. Ha az égitest a Föld légkörébe kerül, akkor felizzik és a neve **meteor (hullócsillag)**. Ha leérkezik a felszínre, akkor a neve **meteorit**.
6. **Interplanetáris anyag:** Más égitestek feldarabolódásából keletkező szilárd, folyékony és gáz részecskék.



Galaxisok: Csillagrendszerek csoportosulása. (Tejútrendszer, Androméda-köd, Kis- Nagy-Magellán)

- $10^7 - 10^{12}$ db csillag van bennük átlagosan. Tejútrendszerben: 200-400 milliárd csillag. Tejútrendszer 100 ezer fényév átmérőjű spirális galaxis.
- Közepén **nagy tömegű** (szuper masszív) **fekete lyuk** van melynek gravitációs ereje, nem tudná összefogni a csillagrendszereket. Ebben segít a sötét anyag.
- **Sötét anyag:** Galaxisok közötti háló
 - tömeggel rendelkezik (van gravitációja)
 - fény számára átlátszó, de lencsehatás elvén elhajlítja. (igazából a teret hajlítja el, amiben a fény terjed. A fény egyenesen haladt csak a tér torzul)
 - Nem egyenletesen oszlik el az Univerzumban, galaxisok halójában csomósodik. A galaxisokat ez is összetartja.
- **Sötét energia** (kvintesszencia): Univerzumot tágító anyag.
 - A sötét energia egyik bizonyítéka, hogy a tér tágulásával is állandónak tűnik. (Sűrűsége nem hígul)
 - Mindenhol egyenletesen oszlik el.

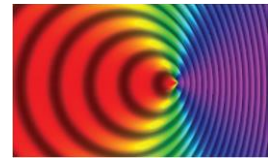


Világegyetem tágulása: Edwin Hubble (1929): A galaxisok

egymáshoz képesti látszólagos távolodási sebessége annál nagyobb, minél nagyobb távolságra vannak egymástól. Mindegyik galaxis távolodik mindegyik galaxistól, de maguk a galaxisok (helyi objektumok) nem tágulnak. Azaz a tér tágul, de a helyi kölcsönhatások az objektumokat egybe tartják. **A tágulás mértéke a Hubble állandó** (Mérésekkel nem ugyan azt kapjuk. ???)

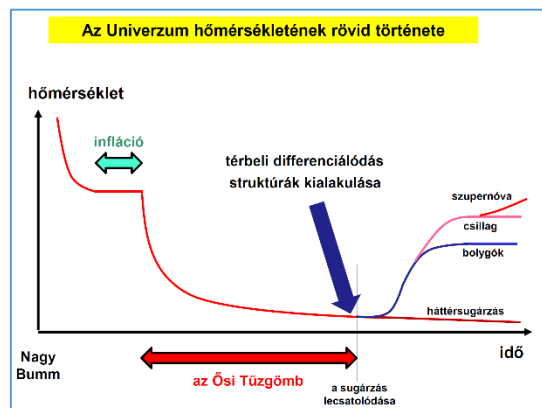
- **Bizonyítása:** „Olbers-paradoxon”: Ha a csillagok a világegyetemben egyenletesen oszlanak el, továbbá a tér minden irányban végtelen, és nincsenek kitüntetett helyei a mindenségnek, akkor éjszaka is nappali világosságnak kellene lennie. De Nincs végtelen csillag, és az univerzum csak egy véges t idő óta létezik.

- Bizonyítása: Vöröseltolódás: Doppler-effektus egyik speciális esete: a frekvencia megváltozik, ha a forrás mozog. Színkép: Ha ismerjük egy elem vonalasspektrumát, akkor megnézhetjük, hogy az adott elem jelen van-e a csillagban. Az abszorpciós vonalak eltolódását, azaz a megfigyelt és a laboratóriumi hullámhosszak különbségét a galaxis és a köztünk közötti relatív mozgásnak, relatív sebességnek kell okoznia.



Világegyetem kialakulása:

- **Ősrobbanás (elmélet):** A világegyetem tágulását vissza felé lejátszva a kezdete 13,8 milliárd évvel ezelőtt volt. (más méréssel mást kapunk!!) A Világegyetem anyaga kis térfogatú részben, nagy sűrűségű és magas hőmérsékletű volt összehúzóva (szingularitásban). Gyors tágulással (Ősrobbanás, Big Bang):
 - Kialakultak a világ jelenlegi építőkövei. Anyag és anti-anyag nagyjából hasonló mennyiségben. Mára az anti-anyagok nagyrésze valamilyen okból nagyon lecsökkentek.
 - **Hőmérséklete csökken.** Részecskék mozgása, rezgése lassul.
 - Megszűnt az univerzum homogenitása és struktúrák alakultak ki. Elemi részecskék (Kvarkok, Hadronok, Leptonok, ...) lelassulnak és összeállnak p^+ és n^0 és e^- és még sok mássá. Majd atomokká, molekulákká, diákokká, tanárokká, érettségi bizonyítvánnyá.
 - **Alapvető kölcsönhatásokból** az elején csak egy volt. Ugyan az volt az anyag és az energia. Majd ahogy tágult és hűlt a világegyetem, úgy **sorba leváltak** a kölcsönhatások. **Erős magerő, Elektromágneses erő, Gyenge magerő, Gravitációs erő**



- Ma az univerzum (és benne minden) átlaghőmérséklete 2,7K
- Az univerzumunk nagyon fiatal a benne zajló folyamatokat nézve. Jelenlegi modellünket tovább futtatva a struktúrák lebomlanak, az összes részecske elbomlik, szétesik. Fekete lyukak elpárolognak. 10^{150} év
- Vannak más tudományos hipotézisek, de azokra nincs vagy erősen hiányosak a bizonyítékok.

Így működik a világegyetem (2010-) sorozatból bármi jó ide.