

Mechanikai munka, energia, teljesítmény

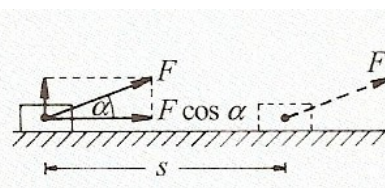
(Vázlat)

1. Mechanikai munka fogalma
2. A mechanikai munkavégzés fajtái
 - a) Emelési munka
 - b) Nehézségi erő munkája
 - c) Gyorsítási munka
 - d) Súrlódási erő munkája
 - e) Rugóerő munkája
3. Mechanikai energia és fajtái
 - a) Helyzeti energia
 - b) Mozgási energia, munkatétel
 - c) Rugalmas energia
 - d) Forgási energia
4. A mechanikai energia megmaradásának törvénye
5. Hatásfok
6. Teljesítmény
 - a) Átlagteljesítmény
 - b) Pillanatnyi teljesítmény
7. Fizikatörténeti vonatkozások

Mechanikai munka, energia, teljesítmény

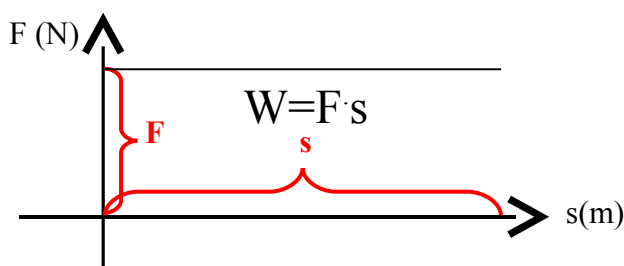
Mechanikai munka fogalma

- **Fizikai értelemben** akkor történik **munkavégzés**, ha egy testre erő hat, és ennek következtében a test az erő irányába elmozdul. Pl.: egy testet függőlegesen irányban állandó sebességgel felemelünk.
- Ha az erő és az elmozdulás egymásra merőleges, akkor fizikai értelemben nem történik munkavégzés. Pl.: ha egy táskát függőlegesen tartunk, és úgy sétálunk, akkor sem a tartóerő, sem a nehézségi erő nem végez munkát.
- Ha az erő és az elmozdulás egymással α szöget zár be, akkor az erőnek az elmozdulás irányába eső komponense végez munkát.
- A munka jele: W



$$W = F \cdot s \cdot \cos\alpha$$

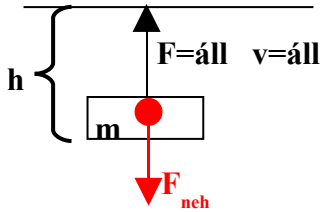
- A munka mértékegysége: $[W]=\text{Nm}=\text{J}$
- A munka skalármennyiség, amelyet számmal jellemzünk.



- *Ha az erőt ábrázoljuk az elmozdulás függvényében akkor a grafikon alatti terület mérőszáma megegyezik a munkavégzés mérőszámával.* Ezt állandó erő által végzett munka esetén könnyen beláthatjuk.

A mechanikai munkavégzés fajtái

a) Emelési munka



- **Emelési munkáról** akkor beszélünk, ha egy m tömegű testet függőleges irányba **állandó sebességgel** felemelünk.
- Ennek feltétele, hogy az emelőerő ugyanolyan nagyságú legyen, mint a nehézségi erő. $|F| = |F_{neh}|$

- Az emelőerő munkája tehát:

$$W = F \cdot h \cdot \cos 0^\circ = F \cdot h = m \cdot g \cdot h$$

- *Ha állandó m tömegű testet emelünk, akkor az emelőerő munkája egyenesen arányos a h magassággal.* Tehát minél magasabbra emeljük a testet, annál több munkát kell végeznünk.

b) Nehézségi erő munkája

Miközben állandó sebességgel emeljük a testet, a nehézségi erő is végez munkát. Mivel ez az erő lefelé, az elmozdulás iránya függőlegesen felfelé mutat, azaz ellentétes, ezért **emeléskor a nehézségi erő munkája:**

$$W_{neh} = - m \cdot g \cdot h$$

Ha **állandó sebességgel süllyesztjük a testet**, akkor

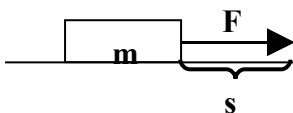
- a nehézségi erő munkája:

$$W_{neh} = + m \cdot g \cdot h$$

- az emelő erő munkája:

$$W = - m \cdot g \cdot h$$

c) Gyorsítási munka



Ha egy m tömegű testre állandó erő hat s úton, akkor az erő irányába gyorsul a test.

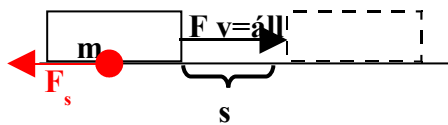
Mivel az erő és az elmozdulás azonos irányú, ezért $\cos \alpha = 1$

$$W = F \cdot s = m \cdot a \cdot \frac{a}{2} \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (a \cdot t)^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

A nulla kezdősebességgel induló testen az állandó erő hatására az elmozdulás irányában végzett gyorsítási munka egyenesen arányos a sebesség négyzetével, az arányossági tényező a tömeg fele.

$$W = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

d) Súrlódási erő munkája



Ha vízszintes felületen **állandó sebességgel** mozgatunk egy testet, akkor az általunk kifejtett erő megegyezik a felület által a testre kifejtett súrlódási erő nagyságával.

$$|F| = |F_s|$$

Ilyenkor

- a húzóerő munkája: $W = F \cdot s \cdot \cos 0^\circ = F \cdot s$
- a súrlódási erő munkája: $W_s = F_s \cdot s \cdot \cos 180^\circ = -F_s \cdot s$

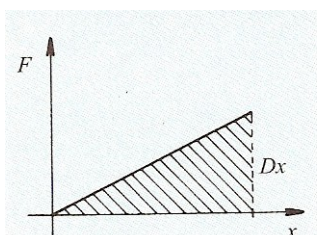
$$W_s = -\mu \cdot F_{ny} \cdot s = -\mu \cdot m \cdot g \cdot s$$

e) Rugóerő munkája

A rugó megnyújtásakor és összenyomásakor a rugóban erő ébred. A rugóban fellépő erő egyenesen arányos a hosszváltozásával, az arányossági tényező a rugóállandó.

$$F_r = D \cdot x$$

Ha a rugóban fellépő erőt ábrázoljuk a megnyúlás függvényében, akkor az origóból kiinduló félegyenest kapunk.



A grafikon alatti terület mérőszáma a rugóerő munkájával lesz egyenlő.

$$W_r = \frac{F_r \cdot x}{2} = \frac{D \cdot x^2}{2}$$

A rugóerő munkája egyenesen arányos a megnyúlás négyzetével, az arányossági tényező a rugóállandó fele.

Mechanikai energia és fajtái

Az energia bármely zárt rendszer kölcsönható képességét jellemző skalármennyiség.

Jele: E

Mértékegysége: $[E] = J$

Az energia legfontosabb jellemzői:

- A testek, mezők **elidegeníthetetlen tulajdonsága**, amely a kölcsönható képességüket jellemzi.
- Az energia **viszonylagos** mennyiség.
Pl.: a helyzeti energia értéke az általunk megválasztott nulla szinttől függ, vagy a mozgási energia értéke a vonatkoztatási rendszertől.
- Van olyan energiatípus (nem mechanikai energia), amely csak meghatározott értékeket vehet fel, kvantumos. Ilyen pl. az elektromágneses sugárzás energiája.

a) Helyzeti energia

- A nulla szinthez képest h magasságba felemelt test a helyzetéből adódóan energiával rendelkezik.
- Egy m tömegű test helyzetéből adódó energiájának a mértéke megegyezik azzal a munkával, amelyet akkor végzünk, ha a testet a nulla szintről h magasságba emeljük állandó sebességgel, vagy amelyet a test végez, ha h magasságból a nulla szintre esik.

$$E_h = m \cdot g \cdot h$$

b) Mozgási energia, munkatétel

- Egy test mozgása során is lehet kölcsönható képessége, amelyet a **mozgási energiával** jellemzünk.
- A mozgási energia mértéke megegyezik azzal a munkával, amelyet akkor végzünk, ha egy m tömegű test sebességét nulláról v -re növeljük, vagy amelyet a test akkor végez, ha sebessége v -ről nullára csökken.

$$E_m = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

A **munkatétel** kimondja, hogy egy pontszerű test mozgási energiájának a megváltozása megegyezik a testre ható eredőerő munkájával.

$$W = F_e \cdot s = m \cdot a \cdot \frac{(v_0 + v_t) \cdot t}{2} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \frac{v_t - v_0}{t} \cdot (v_0 + v_t) \cdot t = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (v_t^2 - v_0^2)$$

$$\Delta E_m = F_e \cdot s$$

c) Rugalmas energia

A rugalmas testeknek alakváltozásuk miatt van kölcsönható képességük. A rugalmas energia arányos a hosszváltozás négyzetével, az arányossági tényező a rugóállandó fele.

$$E_r = \frac{1}{2} \cdot D \cdot x^2$$

d) Forgási energia

A testeknek forgásuk miatt is lehet kölcsönható képessége, amelyet a forgási energiával jellemezünk. A forgási energia egyenesen arányos a szögsebesség négyzetével, az arányossági tényező a tehetetlenségi nyomaték fele.

$$E_r = \frac{1}{2} \cdot \Theta \cdot \omega^2$$

Mechanikai energia megmaradásának törvénye

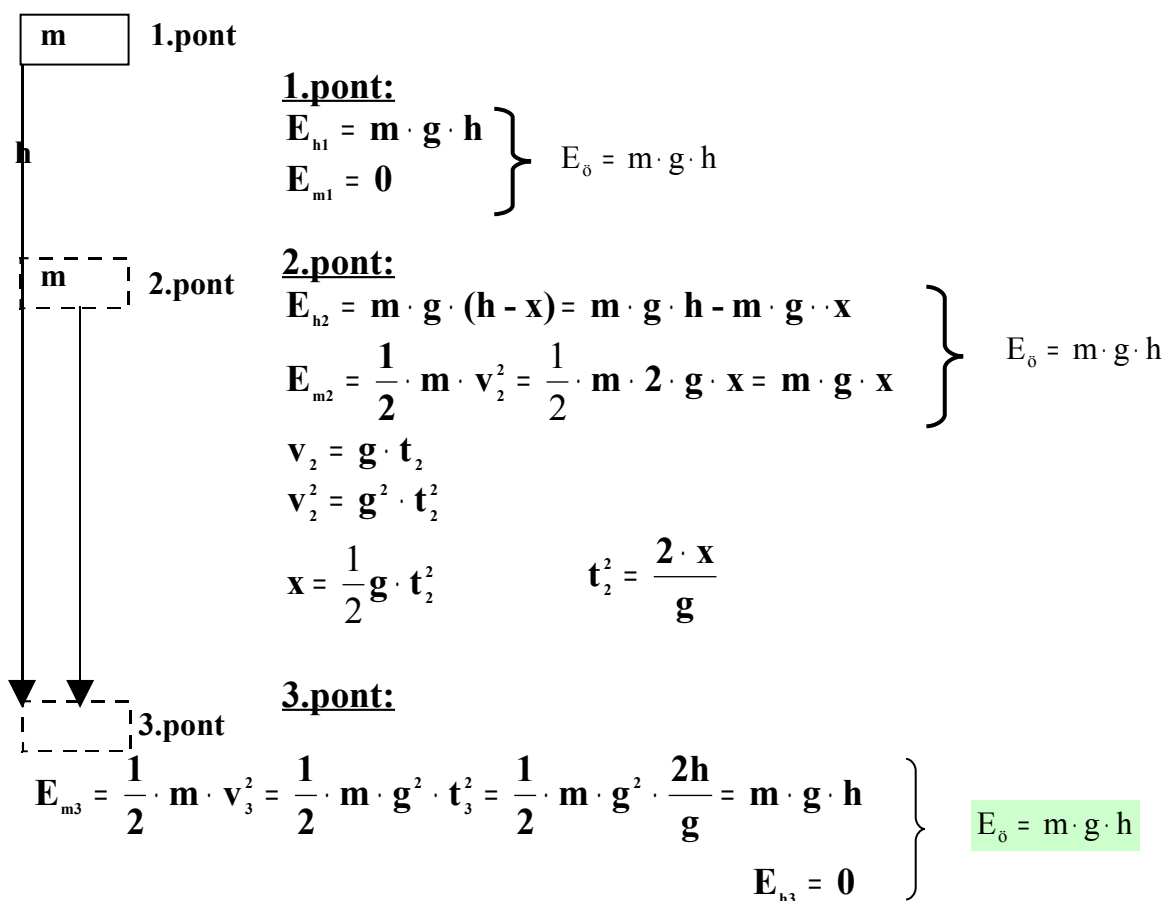
Zárt mechanikai rendszerben a mechanikai energiák összege állandó.

Zárt mechanikai rendszer az olyan rendszer, amelyre nem hatnak külső erők, vagy azok eredője nulla.

A mechanikai energia megmaradásának törvényét másképp is megfogalmazhatjuk: **Ha egy testre ható erők eredője konzervatív erő, akkor a mechanikai energiák összege állandó.**

Ez könnyen bebizonyítható egy szabadon eső test esetén a pálya három pontjában.

- Az 1. pont a nulla szinthez képest h magasságban van. Innen ejtjük el a testet.
- A 2. pont a nulla szinthez képest már csak x magasságban van. Itt a test sebessége v_2 . Az indulástól számítva t_2 idő alatt ér ide a test.
- A 3. pont a nulla szint. Itt a test sebessége v_3 . Az indulástól számítva t_3 idő alatt ér ide a test.



Hatásfok

A számunkra hasznos energiaváltozások mindig együtt járnak a cél szempontjából felesleges energiaváltozásokkal.

Egy energiaváltozással járó folyamat akkor gazdaságos, ha az összes energiaváltozás minél nagyobb hányada fordítódik a hasznos energiaváltozásra. A folyamatot gazdaságosság szempontjából a **hatásfokkal** jellemezzük.

A **hatásfok** az a viszonyszám, amely megmutatja, hogy az összes energiaváltozás hányad része a hasznos energiaváltozás.

Jele: η

$$\eta = \frac{\Delta E_h}{\Delta E_i} < 1$$

Teljesítmény

A munkavégzés közben a munka nagysága mellett az is fontos kérdés, hogy mennyi idő alatt zajlott le a folyamat.

A munkavégzés hatékonyságát a teljesítmény fejezi ki.

a) Átlagteljesítmény

Azt a fizikai mennyiséget, amely megadja a munkavégzés sebességét, tehát, hogy egységnyi idő alatt mennyi a végzett munka, **átlagteljesítmény**nek nevezzük.

A teljesítmény jele: P

$$\mathbf{P = \frac{W}{t}} \quad [\mathbf{P}] = \frac{\mathbf{J}}{\mathbf{s}} = \mathbf{W}$$

b) Pillanatnyi teljesítmény

A **pillanatnyi teljesítmény** nagyon rövid időközhez tartozó munkavégzés és az idő hányadosa.

Jele: P_t

$$\mathbf{P_t = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{\mathbf{F} \cdot \Delta \mathbf{s}}{\Delta t} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{v_t}}$$

$$\mathbf{P_t = \mathbf{F} \cdot \mathbf{v_t}}$$

Ha egy test állandó sebességgel halad, akkor az átlagteljesítmény megegyezik a pillanatnyi teljesítménnyel.

Fizikatörténeti vonatkozások

Az energia fogalma súlyos tévedések során alakult ki, és csupán a 19. század végétől vált elfogadottá.

- **Leibniz** már a 17. században említette a mozgási energiát, amit akkor eleven erőnek nevezett.
- **James Black** a 18. században élő skót orvos a hőt súlytalan folyadéknak (*fluidumnak*) tekintette. Úgy gondolta, ha két különböző hőmérsékletű anyag érintkezik, akkor a melegebb fluidumot ad át a hidegebbnek, amíg a hőmérsékletük ki nem egyenlítődik.
- A fluidum elméletet döntötte meg **Rumford** a 18. század végén, amikor arra figyelt fel, hogy ágyúcső fűrése közben a hűtővíz mindig felmelegszik. Kezdetben mindkettőnek azonos a hőmérséklete, tehát az egyik nem adhat át a másiknak fluidumot.
- **Davy** 1799-ben felfigyelt arra, hogy, ha két jég darabot összedörzsöl, akkor azok egy része megolvad. Ebből arra következtetett, hogy az energia nem anyag, fluidum, hanem a testek állapotára jellemző mennyiség.
- **James Prescott Joule** 1843-ban felismerte a mechanikai és a hőenergia közötti kapcsolatot.

JOULE, JAMES PRESCOTT(1818-1889)

Angol fizikus



Megállapította, hogy az energia különféle formái, a mechanikai, az elektromos és a hőenergia lényegében azonosak, egyik a másikba átalakítható. Ilyenformán megalkotta az energia-megmaradás törvényének, a termodinamika első főtételének az alapjait. A Joule-effektus kimondja, hogy egy huzalban az elektromos áram által keltett hő arányos a huzal ellenállásának és az áramerősség négyzetének a szorzatával. Különböző anyagokkal kísérletezve azt is megállapította, hogy a hő, az energia egyik formája, függetlenül attól, milyen anyagot hevítenek. A munka és az energia egyik egysége a joule nevet viseli.

JAMES WATT (1736-1819)

Angol tudós és feltaláló



- Feltalálta a gőzsűrítőt.
- 1775-ben sikerült elkészítenie a gőzhengert, amely jól működött, így elkezdődhetett a gyártása.
- 1782-ben feltalálta a lendkereket és további két év múlva a fordulatszámot állandósító mechanizmust, a centrifugális-szabályzót.
- A Francia Tudományos Akadémia és a londoni Királyi Társaság tagjává választotta.