

A biofizika fizikai alapjai

4. előadás 2020. 09. 17.

Orosz Ádám

Mechanika – Munka és energia

1. Munka és energia
 - Energiafajták
 - Emelési munka és helyzeti energia
 - Gyorsítási munka és mozgási energia
 - Nyújtási munka és rugalmas energia
2. Teljesítmény
3. Energiamegmaradás
4. Tömeg-energia ekvivalencia

1

Munka és energia

Hogyan írhatjuk le pontosan az alábbi kölcsönhatást?



- A versenyző feladata, hogy lépjen kölcsönhatásba a tűzoltóautóval és változtassa meg a mozgásállapotát.
- Az F erővel megadhatjuk, hogy a férfinak milyen erősen kell húznia a tűzoltóautót.
- Ennek az erőnek a nagysága azonban változatlan marad, attól függetlenül, hogy 2 méteren vagy 20 méteren át kell húzni a rohamkocsit.
- A férfi viszont kevésbé lesz fáradt, ha csak 2 méteren át kell erőlködni.
- Tehát a férfi és a tűzoltóautó kölcsönhatását *nem tudjuk kizárólag az erő fogalmával leírni*. Új fizikai mennyiségre van szükségünk, ami azt is figyelembe veszi, hogy **milyen hosszú úton „működik” a kölcsönhatás** → „Munka”.

2

Munka és energia



- A férfi munkát végez a tűzoltóautón.
- Eközben energiát ad át neki.
- A férfi tehát energiát veszít, a tűzoltóautó energiát nyer.



- A férfi munkát végez a súlyon az emelés közben.
- Eközben energiát ad át a súlynak.
- A férfi tehát energiát veszít, a súly energiát nyer.



- A nő az ideg meghúzása közben munkát végez az íjon.
- Eközben energiát ad át az íjnak.
- A nő tehát energiát veszít, az íj energiát nyer.
- Ez az energia az íjban tárolásra kerül.
- Lövés közben az íj munkát végez a nyílvevőn, ami így energiára tesz szert.

Munka \equiv „energiaátadás” – „energiaátvitel”

Energia \equiv „elraktározott munka” – „munkavégző képesség”

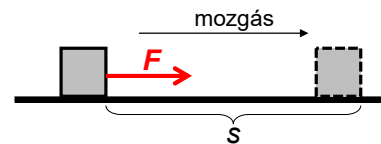
A **munka** egy **folyamatot** ír le, az **energia** ezzel szemben egy **állapotot** .

Az energiát sem létrehozni, sem megsemmisíteni nem lehet. Lehetőségek: az egyik rendszer átadhatja a másiknak, illetőleg az egyik energiaforma a másik energiaformába alakulhat át.

3

Munka

Ha a mozgás és az erő iránya megegyezik:

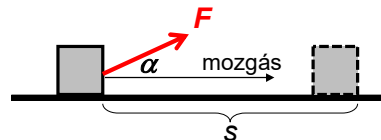


munka (W): $W = F \cdot s$ ($N \cdot m = J$)

skaláris

joule
(az energia
mérték-
egysége is)

Ha a mozgás és az erő iránya α szöget zárnak be egymással:



munka (W): $W = F \cdot s \cdot \cos \alpha$

skaláris



Számolja ki a férfi által végzett munkát, ha tűzoltóautót vízszintesen húzza 30 m-en át, 1400 N erő kifejtése mellett!



4

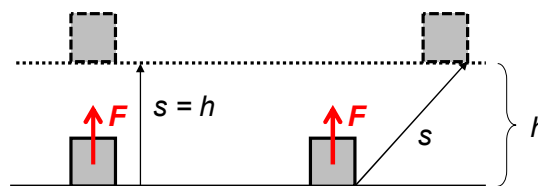
Az energia fajtái

Sokféle energiatípusra találkozhatunk:

- Mechanikai energia
 - helyzeti energia
 - mozgási energia
 - rugalmas energia
- Termikus energia (hő)
- Elektromos energia
- Mágneses energia
- Kémiai energia
- Magenergia
- ...

Emelési munka és helyzeti (potenciális) energia

Egy test h magasságba történő felemelése közben végzett munkát *emelési munkának* nevezzük



$$W = F \cdot s = mgh$$

A végzett munka **helyzeti** - idegen szóval - **potenciális energiaként** tárolódik:

$$E_{\text{pot}} = mgh$$

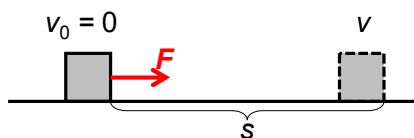
Az elraktározott helyzeti energiát különféle célokra lehet felhasználni:



- A nulla magasságot önkényesen választhatjuk meg.

Gyorsítási munka és mozgási (kinetikus) energia

Egy test 0-ról v sebességre történő felgyorsítása közben végzett munkát *gyorsítási munkának* nevezzük



$$W = F \cdot s = \frac{1}{2}mv^2$$

A végzett munka **mozgási** - idegen szóval - **kinetikus energiaként** jelenik meg:

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2}mv^2$$

Ez általánosan is igaz. Egy test *mozgási energiájának megváltozása* egyenlő a testet érő összes erő munkájának előjeles összegével, vagyis az *eredő erő munkájával*:

Munkatétel

$$\sum_{i=1}^n W = \Delta E_{\text{kin}}$$

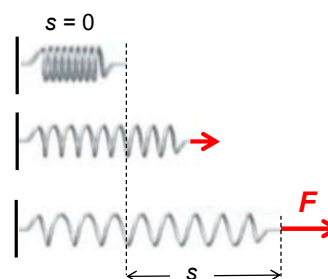


Az elraktározott mozgási energia különféle módokon alakulhat át:



Feszítési munka és rugalmas (elasztikus) energia

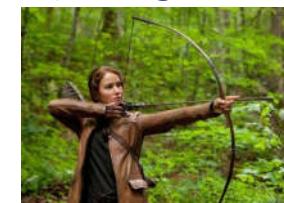
Egy rugó megnyújtása (vagy egy íj megfeszítése) esetén végzett munkát *nyújtási* vagy *feszítési munkának* nevezzük:



$$W = F \cdot s = \frac{1}{2}Ds^2$$

A végzett munka mint rugalmas energia tárolódik:

$$E_{\text{rug}} = \frac{1}{2}Ds^2$$



Az elraktározott rugalmas energiát különféle célokra lehet felhasználni:

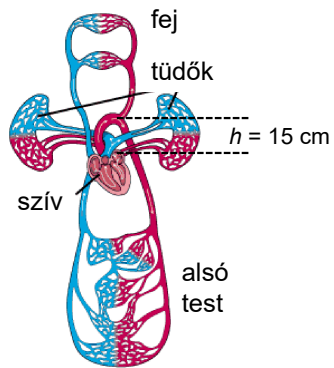


Mennyi energiát tárol az Achilles-ín 2 mm-es megnyúlásánál, ha rugóállandója $1,2 \cdot 10^5 \text{ N/m}$:





Feladat



Az emberi szív bal kamrájának összehúzódása a vért 40 cm/s áramlási sebességre gyorsítja és az aortaívig 15 cm-rel magasabbra emeli meg. Egy szív-összehúzóds során 60 g vér kerül kipumpálásra. Számítsa ki
a) a gyorsítási munkát

b) az emelési munkát

c) a szív teljes munkáját egy összehúzóds során!

9

Teljesítmény



- Hogy milyen erősen kell a férfinek húznia a tűzoltóautót, megadhatjuk **F** nagyságú **erővel**. Hogy mekkora munkát végez, ha s hosszúságú úton húzza maga után, azt pedig a **W** nagyságú **munkával**.
- Az erő és a munka ugyanakkora marad akkor is ha a távolságot 2 perc alatt vagy pedig 20 perc alatt teszi meg
- Szükségünk van még egy mennyiségre, ami az **időbeliséget** is figyelembe veszi → „**Teljesítmény**”.

10

Teljesítmény

$$\text{teljesítmény (P): } P = \frac{W}{t} \left(\frac{J}{s} = W \right)$$

Watt



A korábbi feladat folytatása: Számítsa ki a bal kamra izomzatának teljesítményét, ha az összehúzóds ideje 0,2 s!



A korábbi feladat folytatása: Számítsa ki a férfi teljesítményét, ha a tűzoltóautót 41 s alatt 30 m-re képes elhúzni.

11

Energiamegmaradás

Az energiamegmaradás törvénye (általánosan):

Az energiát sem létrehozni, sem megsemmisíteni nem lehet. Lehetőségek: az egyik rendszer átadhatja a másinak, illetőleg az egyik energiaforma a másik energiaformába alakulhat át.



Ha elhanyagolhatjuk a súrlódást (és más elektromos és mágneses jelenségeket sem veszünk figyelembe), akkor az **energiamegmaradás törvénye** egy **zárt rendszerben** az alábbi módon érvényesül a **mechanikai energiafajtákra**:

$$\sum E_i = E_{\text{pot}} + E_{\text{kin}} + E_{\text{rug}} = \text{állandó}$$

Vagyis:

1. időpontban: $E_{\text{pot},1}$

$E_{\text{kin},1}$

$E_{\text{rug},1}$

2. időpontban: $E_{\text{pot},2}$

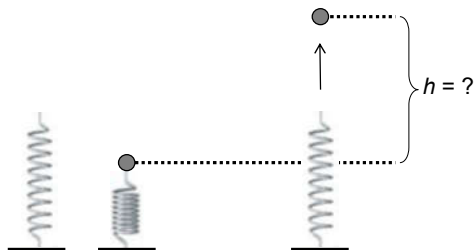
$E_{\text{kin},2}$

$E_{\text{rug},2}$

$$E_{\text{pot},1} + E_{\text{kin},1} + E_{\text{rug},1} = E_{\text{pot},2} + E_{\text{kin},2} + E_{\text{rug},2}$$

12

Feladat



Milyen erősen kell összenyomnunk a 2000 N/m állandójú csavarrugót, hogy a 30 g tömegű golyó 10 m magasra repüljön?

Tömeg-energia ekvivalencia

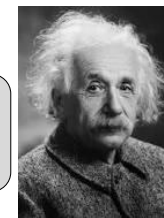
A relativitáselmélet értelmében a tömeg és az energia egyenértékűek és az alábbi kapcsolatban állnak egymással:

$$E = m \cdot c^2$$

a tömeghez tartozó energia

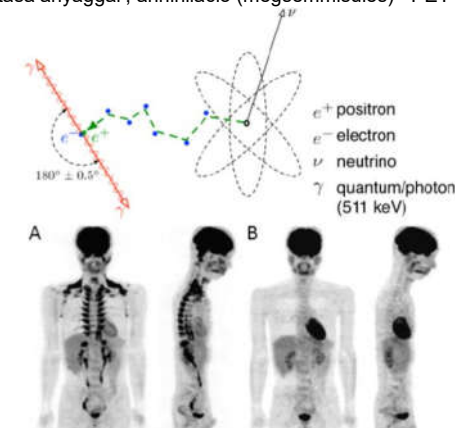
egy részecske tömege

Fénysebesség (vákuumban): $3 \cdot 10^8$ m/s



Az összefüggést olyan jelenségek esetében használhatjuk, amelyek során részecskék tűnnek el, mialatt tömegük energiává alakul át, vagy amikor energiából új részecskék jönnek létre.
Példák: párképződés – nagy energiájú γ -foton kölcsönhatása anyaggal, annihiláció (megsemmisülés) - PET

- A pozitron emissziós tomográfia (PET) esetében β pozitív részecskéket (pozitron) kibocsátó izotópot juttatunk a testbe.
- Az izotópok bomlása során keletkező pozitron antirészecske.
- A pozitron rövid úton egyesül egy elektronnal és mindkettő energiává alakul (annihiláció – megsemmisülés). Két γ -foton jelenik meg, amelyeket aztán detektálni tudunk.
- Mindkét γ -foton 511 keV energiával rendelkezik.

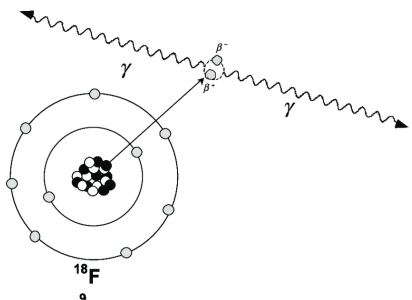


13

Feladat



Miért éppen 511 keV az annihiláció során keletkező γ -fotonok energiája?



Házi feladat: 5. fejezet

15

16