

3 Lana eta energia zinetikoa

3.1. Energia zinetikoa

Higitzen ari direla, gorputzek energia dute, **energia zinetikoa** (grezierazko $\kappaινεω$ -kineo- aditzak 'higitu' esan nahi du) (► 12.14. irudia); baina zer erlazio du horrek lanarekin?



12.14. irudia.

Bi objektuek **energia zinetikoa** dute: petrolio-ontzia motel doa, baina masa handia du; hegazkin txikiak, aldiz, bizkorrago doa, baina masa txikiagoa du.

Demagun masa jakin bateko (m) gorputz batetik tiratzen dugula gainazal horizontal baten gainean, marruskadurarik gabe eta indar konstante batez (\vec{F}), desplazamenduaren noranzko berean. Newtonen bigarren legeari esker, badakigu gorputzak azelerazio konstantea hartuko duela indarraren norabide eta noranzko berean; horrela, $x_2 - x_1 = \Delta x$ distantzia duten bi puntutako (x_1 eta x_2) abiadurak honela daude erlazionatuta:

$$v_2^2 - v_1^2 = 2 \cdot a \cdot \Delta x \quad (\text{► 12.15. irudia})$$

Jakinda $a = F/m$ dela, aurreko ekuazioan ordeztuta hau lortzen dugu:

$$v_2^2 - v_1^2 = 2 \cdot \frac{F}{m} \cdot \Delta x \Rightarrow F \cdot \Delta x = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2$$

Adierazpen horrek hauek erlazionatzen ditu: \vec{F} indarrak Δx desplazamenduan egindako lana, eta $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ magnitudearen aldaketa. Magnitude horri **energia zinetiko** deritzogu: E_z .

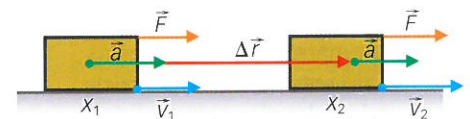
Energia zinetikoa da gorputzek beren higidurari esker duten energia.

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

SI sisteman, energia zinetikoaren unitatea joulea da.

Gogoan izan lana energia transferitzeko modu bat dela. Horrela, energia zinetikoaren definizioa kontuan hartuz, hau betetzen da:

$$W_F = \vec{F} \cdot \Delta \vec{r} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 \quad \text{edo} \quad W_F = E_{z,2} - E_{z,1} = \Delta E_z$$



12.15. irudia. Azelerazioa aplikatutako indarraren balioaren arabera da.

JARDUERA

8. Zer objektuk du energia zinetiko handiagoa, 1.200 kg-ko masa duen eta 80 km/h-ko abiaduraz higitzen den auto batek, edo 200 m/s-ko abiaduraz botatako 15 kg-ko jaurtigai batek?

Eraitza: jaurtigaiak

3.2. Energia zinetikoaren teorema

Orain ikusiko dugu zer gertatzen den kasu honetan: plano horizontalean higitzen ari den kaxa bati, indar eragile batez gain (\vec{F}), higiduraren aurkako marruskadura-indar bat aplikatzen diogu (► 12.16. irudia). Orain, gorputzean eragiten duen guztizko indarra $\vec{F} + \vec{F}_M$ da:

$$\vec{F}_G = \vec{F} + \vec{F}_M$$

Marruskadura-indarra higiduraren aurkako denez, \vec{F} -k eta \vec{F}_M -k kontrako noranzkoak dituzte (► 12.17. irudia), eta azelerazioaren balioa hau izango da:

$$F_G = F - F_M \Rightarrow m \cdot a = F - F_M$$

$$a = \frac{F - F_M}{m}$$

Aurreko kasuko urrats berberak egiten baditugu, jada ezagutzen dugunaren antzeko erlazio bat lortzen dugu lanaren eta energia zinetikoaren artean, baina oraingoan, marruskadura-indarrak egiten duen lana ere kontuan hartuta.

$$v_2^2 - v_1^2 = 2 \cdot a \cdot \Delta x$$

$$v_2^2 - v_1^2 = 2 \cdot \frac{F - F_M}{m} \cdot \Delta x$$

Terminoak berrantolatzen baditugu:

$$\underbrace{F \cdot \Delta x}_{W_F} - \underbrace{F_M \cdot \Delta x}_{W_M} = \underbrace{\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2}_{E_{Z,2}} - \underbrace{\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2}_{E_{Z,1}}$$

$$W_F + W_M = E_{Z,2} - E_{Z,1} = \Delta E_Z$$

Orain, bi termino hauek batu behar dira lana kalkulatzeko: indar eragileak (\vec{F}) egindako lana eta marruskadura-indarrak (\vec{F}_M) egindakoa. Marruskadura-indarrak egindako lana negatiboa da, gorputzaren abiaduraren kontrako noranzkoa baitu beti indar horrek.

Indar batek baino gehiagok eragiten badute, indar horiek guztiek egindako lanak agertu behar du ekuazioko lehen atalean, lan guztien batura aljebraikoak, hain zuzen ere.

$$W = E_{Z,2} - E_{Z,1} = \Delta E$$

Lortutako emaitza ez da eragiten duten indarren kopuruaren mendekoa, eta baldintza orokorragoetan erabiltzeko balio du.

Energia zinetikoaren teorema hau adierazten du: sistema batean diharduten indarrek egindako lan guztien batura aljebraikoaren berdina da sistemaren energia zinetikoaren aldakuntza.

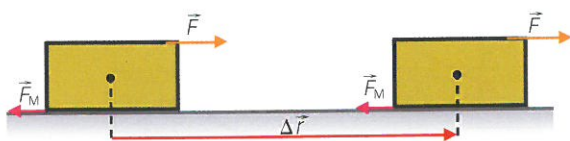
Honako adierazpen matematiko hau du:

$$W \text{ (indar guztiek egina)} = \Delta E_Z$$

$$W = \Delta E_Z = E_{Z,\text{amaierakoa}} - E_{Z,\text{hasierakoa}}$$

Indar bizen teorema ere baderitzo.

- Indar batek lan positiboa egiten badu gorputz batean, horren energia zinetikoa areagotzen du.
- Egindako lana negatiboa bada, horrek esan nahi du higidurari kontra egiten diola, eta energia zinetikoa txikiagotu egiten da.
- Egindako guztizko lana nulua bada, higiduran ez dago eraginik, eta **energia zinetikoa kontserbatu egiten da**, $E_{Z,\text{hasierakoa}} = E_{Z,\text{amaierakoa}}$.



12.16. irudia. Marruskadura-indarrak desplazamenduaren aurka eragiten du.



12.17. irudia. Marruskadura-indarrak eragiten duenean, gorputza moteldu egiten da. Ez gelditzeko, patinatzaileak abiadura hartu behar du.

ADIBIDE EBATZIA

- 2 Kalkulatu zer distantzia egiten duen 400 g-ko baloi batek, jakinda hasiera batean 20 m/s-ko abiaduraz higitzen dela gelditu arte, marruskadura zinetikoko koefizientea 0,4 dela, eta beste ezein indarrek eragiten ez duela.

Baloiak hasieran zeraman energia zinetiko guztia lan bihurtzen da, lurrazko marruskadura dela eta. Horrenbestez:

$$\Delta E_Z = W_M$$

$$E_{Z,2} - E_{Z,1} = W_M$$

Geldi amaitzen duenez, $E_{Z,2} = 0$:

$$0 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = F_M \cdot \Delta x \cdot \cos 180^\circ$$

$$-\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = -F_M \cdot \Delta x$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = \mu_z \cdot m \cdot g \cdot \Delta x$$

$$\Delta x = \frac{v_1^2}{2 \cdot \mu_z \cdot g} = \frac{20^2 \text{ (m/s)}^2}{2 \cdot 0,4 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} = 61 \text{ m}$$

3.3. Energia zinetikoa eta balaztatze-distantzia

Ikus dezagun zer magnituderen arabera den **balaztatze-distantzia**:

Hau jakinda:

$$W = \Delta E_Z = E_{Z,amaierakoa} - E_{Z,hasierakoa}$$

Oraingoan, amaierako energia zero da (autoa gelditu egiten da). Geldiarazteko lana hasierako energia zinetikoaren berdina da, baina aurkako zeinua du.

$$W_{\text{balaztatzea}} = -E_{Z,hasierakoa}$$

Balaztatze-indarra higiduraren aurkakoa denez:

$$-F_M \cdot \Delta x = -\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2$$

Distantzia bakantzen badugu:

$$\Delta x = \frac{m \cdot v_1^2}{2 \cdot F_M}$$

Horrela, adierazpena aztertzean, ikusten dugu abiaduraren berbiduraren mendekoa dela balaztatze-distantzia.

Zenbat eta handiagoa izan abiadura, orduan eta handiagoa izango da, era berean, balaztatze-distantzia.

ADIBIDE EBATZIA

- 3 Adierazi nola aldatzen den auto baten balaztatze-distantzia haren abiadura 60 km/h-tik 120 km/h-ra igotzen denean. Demagun balaztatze-indarra berdina dela bi kasuetan.

Gorago deduzitutako adierazpena kontuan hartuz, alderatu bi distantziak, sinplifikatu, eta ordeztu ondoren, egin eragiketak:

$$\frac{\Delta x_2}{\Delta x_1} = \frac{\frac{m \cdot v_1^2}{2 \cdot F_M}}{\frac{m \cdot v_2^2}{2 \cdot F_M}} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 = \left(\frac{120 \text{ km/h}}{60 \text{ km/h}}\right)^2 = 2^2 = 4$$

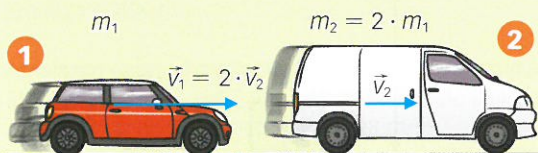
4 aldiz handiago egiten da.

JARDUERAK

9. Partikula bat (α , ${}^4_2\text{He}^{2+}$) eremu batean sartzen da, eta bertan, beste karga elektrikoa batzuek $5 \cdot 10^{-14}$ N-eko indar konstantea eragiten diote. Energia zinetikoaren zer aldakuntza jasaten du partikulak 3 cm egin ondoren?

Emaitza: $1,5 \cdot 10^{-15}$ J

10. Begiratu marrazkiari eta adierazi zer ibilgailuk duen energia zinetiko handiena:



11. 0,5 kg-ko masako gorputz bat gainazal horizontal baten gainean higitu da 5 m/s-ko abiaduraz, eta 10 m egin ondoren, gelditu egin da. Kalkulatu marruskadura-indarra.

Emaitza: 0,625 N

12. Kalkulatu energia zinetikoa kasu bakoitzean.

Ezaugarriak	1 Formula	Moto GP	Rallyak
Gehien. abia. (km/h)	315	288	234
Masa (kg)	500	130	1.200
Energia zinetikoa			

Emaitzak: $1,91 \cdot 10^6$ J; $4,16 \cdot 10^5$ J; $2,54 \cdot 10^6$ J

BA OTE DAKIZU?

Balaztatze-distantzia

Gidari guztiek dakitenez, aurrean duten ibilgailutik gutxieneko segurtasun-distantzia batera egon behar dute beti. Honela kalkulatzen da segurtasun-distantzia hori:

$$\text{Segurtasun-distantzia} = \text{Erreakzio-distantzia} + \text{Balaztatze-distantzia}$$

Erreakzio-distantzia da ibilgailuak egindako distantzia, gidariak arriskua atzematen duenetik balaztatzen hasten den arte. Erreakzio-denbora 0,7-1 s denez, ibilgailuaren abiadura handitzen denean, distantzia hori ere handitu egiten da.

Balaztatze-distantzian hainbat faktorek dute eragina:

- **Abiadura:** zenbat eta handiagoa izan abiadura, orduan eta distantzia handiagoa behar da.
- **Galtzadaren egoera:** euriarekin edo elurrarekin, pneumatikoen eta lurzorua arteko marruskadura zinetikoaren koefizienteak behera egiten du, eta balaztatze-distantzia areagotu egiten da.
- **Ibilgailuaren karga:** masa zenbat eta handiagoa, balaztatze behar den distantzia ere orduan eta handiagoa.
- **Malda:** igotzean baino handiagoa izango da balaztatze-distantzia jaistean.