

9.13. irudia. h altueratik aske utzi eta lurrazalera erortzen da.

2.6. Grabitatearen eraginpeko higidura zuzenak

Jakin badakigu grabitatearen azelerazioa Lurraren erdigunera doan bektore bat dela. Ardatzak hautatzean, kontuan izan behar dugu higidura-bektoreen norabideak eta Y ardatzak bat etorri behar dutela, eta koordinatuen jatorriak lurrazalean egon behar duela. Horrela, bektoreen lehenengo osagaia nulua izango da: $\vec{r} = y\vec{j}$, $\vec{v} = v\vec{j}$, $\vec{a} = -g\vec{j}$.

Grabitatearen (g) azelerazio konstantea duten higidura zuzenak deskribatzen dituzten ekuazioak behar ditugu. Hauek dira HZUAren ekuazioak:

	Ekuazio bektoriala	Ekuazio eskalarra
Posizioa	$\vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot \vec{a} \cdot t^2$	$y(t) = y_0 + v_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$
Abiadura	$\vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \vec{a} \cdot t$	$v(t) = v_0 - g \cdot t$
Azelerazioa	$\vec{a}(t) = -g\vec{j} = -9,8\vec{j} \text{ m/s}^2$	$a(t) = -g = -9,8 \text{ m/s}^2$

Azelerazioak zeinu negatiboa du, grabitateak Y koordinatuan beheranzko noranzkoa duelako (gorputzak beherantz erortzen dira).

Hemen dituzue grabitatearen eraginpeko higidura zuzenen zenbait adibide:

- **Erorketa askea pausagunetik** (► 9.13 irudia). Higikaria altuera jakin batekin libre utzi eta lurrazalera erortzen da. Hauek dira higidura horren ezau-garriak: hasierako posizioa hasierako altuera da: $y_0 = h$; hasierako abiadura nulua da, gorputza askatu egiten baita: $v_0 = 0$; azelerazioa: $-g$ da.

Hauek dira higidura horri dagozkion ekuazioak:

$$y(t) = h - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2; \quad v(t) = -g \cdot t$$

JARDUERAK

13. 5 kg-ko eta 20 kg-ko masak dituzten altzairuzko bi bola askatu ditugu.
- Bietako zein iritsiko da lehenago lurrera?
 - Zein iritsiko da abiadura handiagoz?
14. Altuera jakin batetik askatutako pilota batek 10 segundo behar ditu lurrera iristeko.
- 10 segundo horietatik zeinetan hazi da gehien abiadura?
 - Eta zeinetan egindako bidea?

ADIBIDE EBATZIA

- 8 Ohol-jauziko proban igerilari bat 10m-ko altueratik bota da.

- Zenbat denbora beharko du ura ukitzeko?
- Zer abiaduran ukituko du ura? Erantzun Silko unitateetan eta km/h-tan.

Datua: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Hasierako abiadura zero da, $v_0 = 0 \text{ m/s}$. Beraz, geldirik dagoen gorputz baten erorketa askeko higiduraren ekuazioa erabil dezakezu. Enuntziatuan jartzen du igerilaria bota egin dela, baina benetako ohol-jauzi batean gorputzak goranzko abiadura hartzen du.

Hasierako posizioa (y_0) oholean kokatu: $y_0 = h = 10 \text{ m}$. Amaierako posizioa, $y(t)$, igerilariak ura ukitzen duen unean kokatu behar dugu: $y(t) = 0 \text{ m}$.

- Bakandu posizioaren ekuazioa, ordezkatu eta egin eragiketak:

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot (h - y(t))}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (10 \text{ m} - 0 \text{ m})}{9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 1,43 \text{ s}$$

- Abiaduraren ekuazioan, ordezkatu eta egin eragiketak:

$$v(t) = -g \cdot t = -9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 1,43 \text{ s} = -14 \text{ m/s}$$

Adierazi unitateak km/h-tan.

$$v_{\text{amaierakoa}} = -14 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{3.600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1.000} = -50,4 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

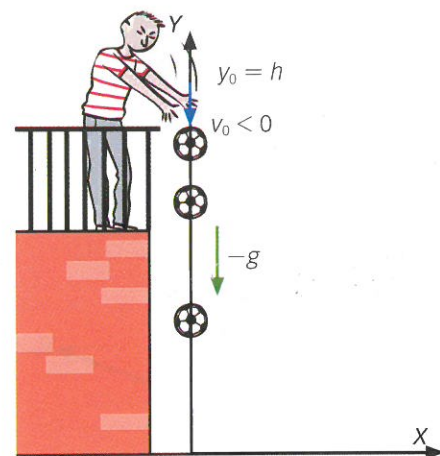
Abiadura negatiboa da, beheranzkoa baita.

- **Jaurtiketa bertikala** (► 9.14 eta 9.15 irudiak). Kasu honetan, hasierako abiadura ez da zero. Hauek dira higidura horren ezaugarriak: hasierako posizioa hasierako altuera da: $y_0 = h$; hasierako abiadura positiboa izango da gorantz botatz gero, $v_0 > 0$, eta negatiboa beherantz botatz gero, $v_0 < 0$; azelerazioa $-g$ da.

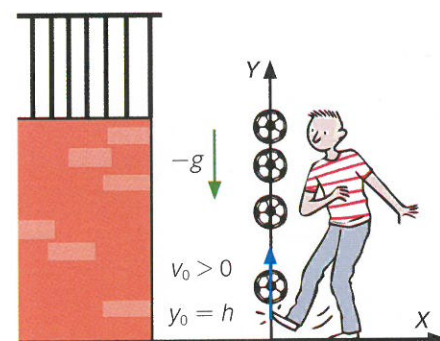
Hauek dira jaurtiketa bertikalari dagozkion ekuazioak:

$$y(t) = h \pm v_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2; \quad v(t) = \pm v_0 - g \cdot t$$

Gorputza gorantz jaurtitzean, hasierako abiaduraren noranzkoa azelerazioaren noranzkoaren kontrakoa da. Horregatik, **lehenengo tartean**, abiadura-modulua txikitu egiten da denborarekin. Ondoren, une batean abiadura zero izaten da eta higikariak **gehieneko altuera** erdiesten du. Une horretatik aurrera, **bigarren tartean**, gorputza erortzen hasten da, eta haren abiadura-modulua handitu egiten da.



9.14. irudia. Beheranzko hasierako abiadurarekin jaurti da, azelerazioaren noranzko berdinarekin.



9.15. irudia. Azelerazioaren kontrakoa duen hasierako abiadura.

ADIBIDE EBATZIA

9 Jaurtigai bat bertikalki jaurti dute gorantz:

- Zer balio izango du hasierako abiaduraren modulua jaurtigaiak 20 metroko altuera lortu badu?
- Zenbat denbora behar du ibilbide osoa egin eta lurrera itzultzeko?
- Demagun lurrera iristean, jaurtigaia 10 metroko sakonera duen putzu baten tranpoletik behera erori dela. Zer abiadura izango du putzuaren hondora iristean?

Datua: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Hasierako abiadurari dagokionez (v_0) badakigu positiboa dela, goranzkoa baita. Hasierako posizioa (y_0) lurlean dago, $y_0 = h = 0 \text{ m}$.

- Amaierako altuera: $y(t) = 20 \text{ m}$. Ibilbideko punturik altuena da. Puntu horretan, jaurtigaia gelditu egiten da eta erortzen hasten da. Beraz, amaierako abiadura $v(t) = 0 \text{ m/s}$ da. Ordezkatu datuak eta ebatzi sistema:

$$\left. \begin{aligned} 20 \text{ m} &= +v_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t^2 \\ 0 \frac{\text{m}}{\text{s}} &= +v_0 - 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t \end{aligned} \right\} \Rightarrow v_0 = 19,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- Lurlean $y(t) = 0 \text{ m}$. Ordezkatu posizioaren ekuazioan, eta ebatzi:

$$0 \text{ m} = 19,8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot t - \frac{1}{2} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t^2 \Rightarrow \begin{cases} t = 0 \text{ s} \\ t = 4,04 \text{ s} \end{cases}$$

Bi erantzunetatik 4,04 s hautatu, hasierako unea ez baita erantzuna.

- Putzuaren hondoari dagokion amaierako altuera $y(t) = -10 \text{ m}$ da. Ordezkatu datuak bi ekuazioetan eta ebatzi sistema:

$$\left. \begin{aligned} -10 \text{ m} &= 19,8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot t - \frac{1}{2} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t^2 \\ v(t) &= 19,8 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t \end{aligned} \right\} \Rightarrow v(4,49 \text{ s}) = -24,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Abiadura negatiboa da, beheranzkoa baita.

JARDUERAK

- Esekidurazko jaurtiketa bat egitean, saskibaloi-jokalari batek airetik jaurtitzen du baloia:
 - Zer egin behar du saskibaloi-jokalariak airean ahalik eta denbora gehien egoteko?
 - Jokalari bat airean 0,6 s egon badaiteke eta 44 cm inguru igotzen bada, zein abiadura du salto egitean?

Emaitza: b) 2,94 m/s

- Pilota bat askatu dute 44 metroko altuera duen eraikin baten teilatutik:
 - Kalkulatu zenbat denbora behar duen pilotak lurrera iristeko.
 - Zenbateko abiadurarekin iritsiko da pilota hori lurrera? Adierazi km/h-tan.

Emaitza: a) 3 s; b) -106 km/h