A szabadesés

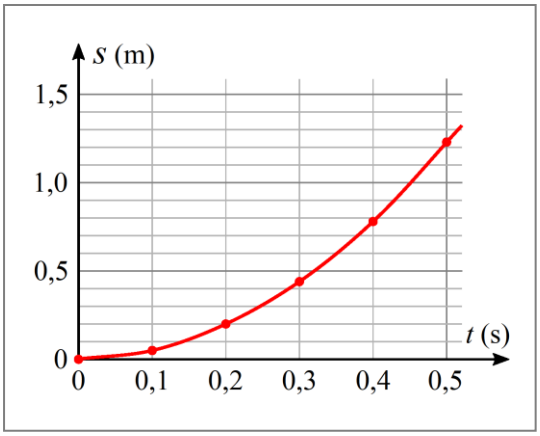


Az elejtett kulcs, a fáról lehulló dió vagy a leejtett teniszlabda függőlegesen esik le. Ősszel a falevelek azonban imbolygó mozgással, görbe vonalú pályán hullanak a földre, mert esésüket a levegő közegellenállása is befolyásolja. *Ha a közegellenállás elhanyagolható, akkor a kezdősebesség nélkül leeső test mozgását szabadesésnek nevezzük.*

Az indulást követően különböző időpontokban megmértük, *hogy mekkora utakat tett meg* egy szabadon eső vasgolyó. A mérési eredmények:

t (s)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
s (m)	0	0,05	0,20	0,44	0,78	1,23

A táblázat adatai alapján megrajzoltuk a mozgás út–idő grafikonját is. Az adatokat jelző pontok a grafikonokon most nem egy egyenes, hanem egy görbe mentén helyezkednek el, ezt a görbét is berajzoltuk. (Ez is azt támasztja alá, hogy a kiskocsi mozgása *nem lehet egyenletes mozgás*, hiszen akkor az út–idő grafikon függvénygörbéje egyenes lenne.)



A lejtőn mozgó testhez hasonlóan itt is folyamatosan *növekszik a görbe meredeksége*, ami azt jelzi, hogy *a vasgolyó sebessége folyamatosan nő*. Ezt támasztja alá az a kísérlettel ellenőrizhető megfigyelés is, hogy az 1–2 cm magasról a tenyerünkbe leejtett kavics hamar leérkezik, így csak kis sebességre gyorsul, emiatt elkapáskor alig érezhető ütést érzünk. Viszont 40–50 cm magasról leejtve, a hosszabb idejű esés miatt már nagyobb lesz a sebessége, így nagyobbat üt. A több méter magasról leeső kavics pedig akkora

sebességet érhet el, hogy súlyos sérülést is okozhat. (Senki ne próbálja ki!) Emiatt a viselnek a sziklamászók vagy az építőmunkások sisakot.

A sebesség folyamatos növekedése méréssel is ellenőrizhető: Egy szabadon eső vasgolyónak *megmértük a sebességét* az indulást követő különböző időpontokban. A mérések eredményét táblázatba foglaltuk:

t (s)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
v (m/s)	0	0,98	1,96	2,94	3,92	4,90

A mérési adatokból megállapítható, hogy *a golyó sebessége a mozgás során folyamatosan nőtt*. A táblázat szomszédos oszlopaiban található adatok alapján megállapíthatjuk, hogy a 0,1 s alatt bekövetkező sebességváltozás mindig 0,98 m/s.

t (s)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
v (m/s)	0	0,98	1,96	2,94	3,92	4,90
Δv (m/s)	-	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98

Emiatt ezeken a szakaszokon az átlaggyorsulás:

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0{,}98\ \text{m/s}}{0{,}1\ \text{s}} = 9{,}8\ \text{m/s}^2.$$

Hasonló mérésekkel igazolható, hogy az átlaggyorsulás mindig 9,8 m/s², bármely szakaszát is vizsgáljuk a szabadesésnek. Ez viszont azt jelenti, hogy a lehető legrövidebb időtartamokhoz tartozó átlaggyorsulás, azaz a *pillanatnyi gyorsulás is mindig* 9,8 m/s². Eszerint szabadesés közben a golyó mozgása *egyenletesen változó mozgás* volt.

Ha ezt a mérést más tömegű vagy anyagú testtel is elvégezzük, akkor is ugyanekkora gyorsulás adódik. Mivel szabadesésnél a mozgás pályája függőleges egyenes, és a gyorsulás nagysága állandó, ezért *a szabadesés olyan egyenes vonalú, egyenletesen változó mozgás, amelynél a pálya függőleges*.

A szabadon eső test gyorsulását nehézségi (vagy gravitációs) gyorsulásnak nevezzük. A nehézségi gyorsulás(vektor) jele $\boldsymbol{g}$, és iránya függőlegesen lefelé, azaz megközelítőleg a Föld középpontja felé mutat. (Ha vektor jelleget nem akarjuk hangsúlyozni, vagy csak a nehézségi gyorsulás nagyságát akarjuk jelölni, akkor a g jelölést is használhatjuk.)

Mérések szerint a gravitációs gyorsulás a Föld felszínének különböző pontjain nem pontosan ugyanakkora. Értéke függ a Föld középpontjától mért távolságtól és a földrajzi

helytől is. A nehézségi gyorsulás „*normális*” értéke 9,80665 m/s^2, de például Budapesten ennél kissé nagyobb, 9,80850 m/s^2. Iskolai feladatokban többnyire elegendő a 9,81 m/s^2 értékkel (vagy a 9,8 m/s^2, illetve az egészekre kerekített 10 m/s^2 értékkel) számolni. *Más égitesteken* a szabadon eső testek szintén egyenes vonalú, egyenletesen változó mozgást végeznek, de a gravitációs gyorsulás általában eltér a Földön mérhető értéktől.

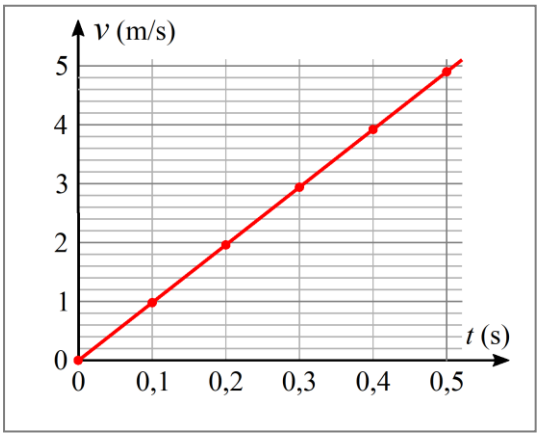
A sebesség és idő közti összefüggés meghatározásához az előző táblázat alapján kiszámítottuk az egymáshoz tartozó (nullától különböző) sebesség- és időadatok hányadosát.

t (s)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
v (m/s)	0	0,98	1,96	2,94	3,92	4,90
$\frac{v}{t}$ (m/s^2)	-	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8

Eszerint az összetartozó sebesség- és időadatok hányadosa állandó ezért *a szabadesésnél a sebesség egyenesen arányos az idővel.* Látható, hogy a kapott hányados megegyezik a nehézségi gyorsulással (9,8 m/s^2). Képlettel:

$$\frac{v}{t} = g. \qquad (1)$$

A táblázat adatai alapján megrajzoltuk a mozgás sebesség–idő grafikonját. A mért adatokat jelző pontok a grafikonon egy egyenes mentén helyezkednek el, ezt az egyenest is berajzoltuk. A függvénygörbe azért egyenes, mert a szabadon eső test sebessége és az idő között egyenes arányosság van, és (a matematikából tanultakkal összhangban) az egyenes arányosságot ábrázoló grafikonon a függvénygörbe egy origón áthaladó egyenes.



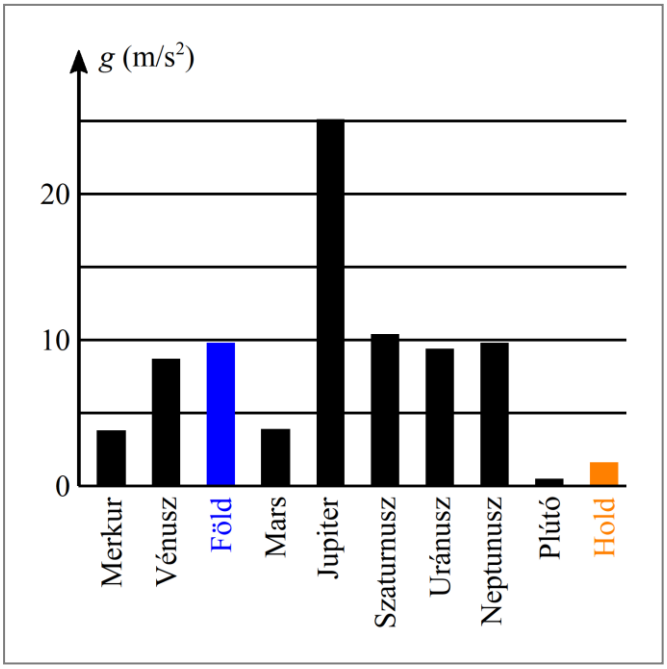
Kiegészítés

1. A szabadesést kísérleti úton Galileo *Galilei* (1564–1642) olasz fizikus vizsgálta elsőként.

2. A nehézségi gyorsulás g-vel történő jelölését Johann *Bernoulli* (1667–1748) svájci fizikus vezette be.

3. A nehézségi gyorsulás értéke a Naprendszer néhány tagjának a felszínén:

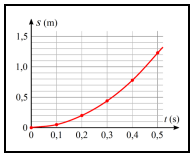
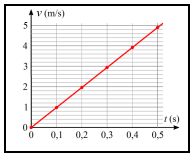
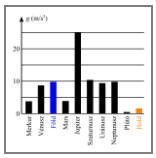
Égitest	g (m/s²)
Nap	274,6
Merkúr	3,8
Vénusz	8,7
Föld	9,8
Mars	3,9
Jupiter	25,1
Szaturnusz	10,4
Uránusz	9,4
Neptunusz	9,8
Plútó	0,5
Hold	1,6



4. A Hold ideális helyszín annak bemutatására, hogy a szabadon eső testek azonosan mozognak. A kísérletet egy kalapáccsal és egy madártollal 1971. augusztus 2-án *David Scott*, az Apollo–15 űrhajósa ténylegesen is elvégezte a Holdon. (A kísérlet videója: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Apollo_15_feather_and_hammer_drop.ogv?uselang=hu.)

5. Ha a testnek függőleges irányú kezdősebessége is van, akkor a mozgást függőleges hajításnak nevezzük. A hajításokkal a 9–12. évfolyamos részben, a *Hajítások* című fejezetben külön is foglalkozunk.

Képek jegyzéke

	**Leeső teniszlabda** © https://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0008.jpg
	**Szabadon eső test út–idő grafikonja** © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/a039.svg
	**Szabadon eső test sebesség–idő grafikonja** © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/a040.svg
	**A nehézségi gyorsulás a Naprendszer néhány tagjának felszínén** © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0073.svg

Jelmagyarázat:

© **Jogvédett anyag**, felhasználása csak a szerző (és az egyéb jogtulajdonosok) írásos engedélyével.

W A ***Wikimedia Commons***-ból származó kép, felhasználása az eredeti kép leírásának megfelelően.