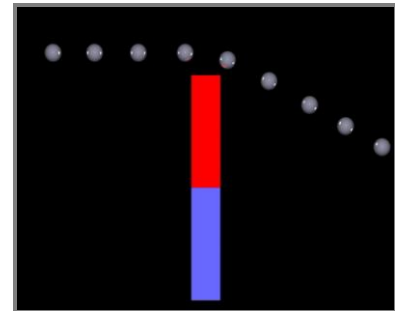


◀	<i>Tartalom</i>	<i>Fogalmak</i>	<i>Törvények</i>	<i>Képletek</i>	<i>Lexikon</i>	▶
---	-----------------	-----------------	------------------	-----------------	----------------	---

Newton II. törvénye



A „tizenegyes” rúgása előtt a földre helyezett labda nyugalomban van, de amikor a játékos belerúg, akkor sebessége megváltozik. A meglökött biliárdgolyó egyenes vonalú egyenletes mozgást végez, de egy másik golyónak vagy az asztal szélének ütközve irányt változtat, így megváltozik a sebessége. Ha a kezünkben tartott teniszlabdát elengedjük, akkor a gravitációs mező hatására g gyorsulással mozog. A vízszintes asztallapon, egy mágnes mellett elgurított vasgolyó a mágneses mezővel történő kölcsönhatás miatt letér az addigi egyenes vonalú pályájáról.



A kölcsönhatások egy részénél tehát a kölcsönhatásban részt vevő test *mozgásállapota megváltozik*, azaz a test gyorsul. A gyorsulás mértékét a test tömege is befolyásolja. Az üres teherautó gyorsulása ugyanolyan körülmények között nagyobb lehet, mint megterhelt állapotban. További hasonló megfigyelések is azt igazolják, hogy ugyanaz a kölcsönhatás a nagyobb tömegű testet kevésbé gyorsítja.



Egy kísérletsorozatban megnyújtott gumiszállal egy kiskocsit gyorsítottunk fel úgy, hogy a gumit minden esetben azonos mértékben nyújtottuk meg. Az egyes méréseket különböző tömegű kocsikkal végeztük el. A kocsik tömegét és a mért átlaggyorsulásokat a következő táblázat tartalmazza:

m (kg)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
\bar{a} (m/s ²)	12	6	4	3	2,4
$m \cdot \bar{a}$ (kg · m/s ²)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2

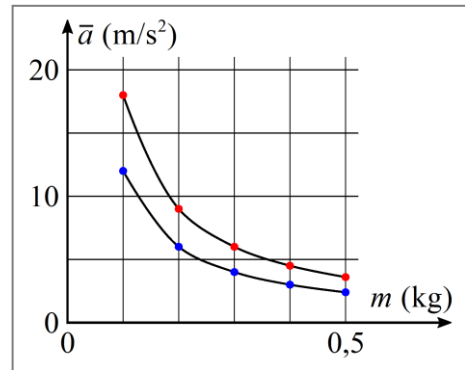
Megfigyelhető, hogy minél nagyobb a kocsi tömege, annál kisebb az átlaggyorsulása. A tömeg és az átlaggyorsulás szorzatát kiszámítva minden esetben ugyanazt az értéket (1,2 kg · m/s²) kapjuk. Eszerint a test adott hatásra bekövetkező átlaggyorsulása fordítottan arányos a test tömegével.

A mérésorozatot egy „erősebb” gumiszállal is elvégeztük, ekkor a következő eredményeket kaptuk:

m (kg)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
\bar{a} (m/s ²)	18	9	6	4,5	3,6
$m \cdot \bar{a}$ (kg · m/s ²)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8

A tömeg és az átlaggyorsulás most is fordítottan arányos egymással, de szorzatuk most 1,8 kg · m/s². Ez az érték nagyobb, mint az előző mérésorozatnál. A növekedés annak a következménye, hogy a kocsi most egy „erősebb” gumiszállal volt kölcsönhatásban.

Ha a két mérésorozat adatait gyorsulás–tömeg grafikonon ábrázoljuk, akkor a mérési pontok mindkét esetben egy-egy hiperbolához illeszkednek. Mindezek arra utalnak, hogy a test tömegének és átlaggyorsulásának a szorzata jellemző a kölcsönhatás erősségére.



A test tömegének és átlaggyorsulásának szorzatával meghatározott fizikai mennyiséget *átlagerőnek* nevezzük. Jele az angol force (erő) alapján \bar{F} . Képlettel:

$$\bar{F} = m \cdot \bar{a} .$$

A definícióból következik, hogy az *átlagerő vektormennyiség*. Mivel a tömeg pozitív, így az átlagerő iránya megegyezik az átlaggyorsulás irányával. Az átlagerő SI-mértékegysége a newton (jele N):

$$[\bar{F}] = [m] \cdot [\bar{a}] = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \text{N} .$$

Eszerint az előző két mérésorozatban a gumiszálak által kifejtett átlagerő 1,8 N, illetve 2,4 N nagyságú volt.

Tapasztalatból tudjuk, hogy a jobban megnyújtott gumiszál nagyobb erőt fejt ki, mint a kevésbé megfeszített. Így az előző kísérletekben a mérés kezdetén a gumiszál erősebben húzta a kocsit, mint később. A mágneses mező is erősebb a mágnes közvetlen közelében, így nagyobb erőt fejt ki a vasgolyóra, mint attól távolabb. Az átlagerő tehát nem ad pontos képet a kölcsönhatás erősségéről. A kölcsönhatás pontosabban jellemezhető a pillanatnyi erővel, amelyet röviden csak erőnek nevezünk. Az *erő a test tömegének és gyorsulásának a szorzatával meghatározott fizikai mennyiség*. Az erő jele: F .

$$F = m \cdot a .$$

Az erő ugyancsak vektormennyiség, iránya megegyezik a gyorsulás irányával. Az erő SI-mértékegysége szintén newton (N), képlettel:

$$[F] = [m] \cdot [a] = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \text{N} .$$

Az erőt meghatározó $F = m \cdot a$ összefüggést történeti okokból *Newton II. törvényének* nevezzük.

Az erő fogalmát a mozgásállapot-változást okozó kölcsönhatások jellemzéséhez vezettük be. Sok esetben azonban nem szükséges megneveznünk, hogy a vizsgált test milyen más testtel vagy mezővel van kölcsönhatásban. Helyette röviden azt szoktuk mondani, hogy a testre erő hat. Valójában azonban minden esetben testek, illetve mezők kölcsönhatásáról van szó.

Az erő most megismert definíciója alapján kissé nehézkes az erő mérése, ezért a gyakorlatban az erő mérésére *rugós erőmérőt* használunk. A rugós erőmérő használatával kapcsolatos elvi problémákat később tárgyaljuk.



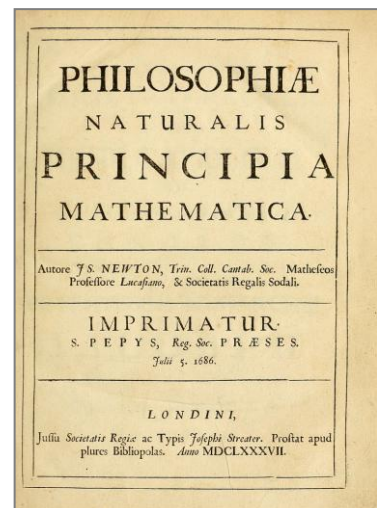
Kiegészítés

1. Newton *Principia* című könyvében nem ugyanazokat a mennyiségeket tekintette alammennyiségnek, amelyeket ma az SI-ben alammennyiségnek tekintünk. Ez a fizikatörténeti oka annak, hogy az erő itt bevezetett definícióját mégis törvénynek nevezzük.

2. Newton II. törvényének eredeti megfogalmazása a Principiában: „*A mozgás megváltozása arányos a külső, mozgató erővel, és annak az egyenesnek az irányában megvégbé, amelyben ez az erő hat.*” (Heinrich László fordítása)

Newton mozgáson a tömeg és a sebesség szorzatát értette, ezt a korábbi részben pontosan definiálta is. Az erő szót sem a mai értelemben használta, az erő nála az (átlag)erő és az erőhatás időtartamának szorzatát jelenti. Mai jelöléseinkkel tehát Newton II. törvényének eredeti alakja:

$$\Delta(m \cdot v) \sim F \cdot \Delta t .$$



Ez az összefüggés levezethető az $\bar{\mathbf{F}} = m \cdot \bar{\mathbf{a}}$ összefüggésből:

$$\bar{\mathbf{F}} = m \cdot \bar{\mathbf{a}} = m \cdot \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} = m \cdot \frac{\mathbf{v}_2 - \mathbf{v}_1}{\Delta t} = \frac{m \cdot \mathbf{v}_2 - m \cdot \mathbf{v}_1}{\Delta t} = \frac{\Delta(m \cdot \mathbf{v})}{\Delta t}$$

azaz

$$\bar{\mathbf{F}} = \frac{\Delta(m \cdot \mathbf{v})}{\Delta t}.$$




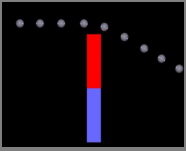

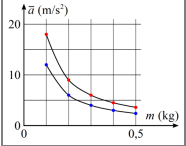


Mindkét oldalt Δt -vel beszorozva:


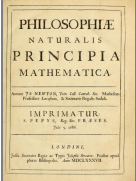
$$\bar{\mathbf{F}} \cdot \Delta t = \Delta(m \cdot \mathbf{v}).$$

Ez az összefüggés gyakorlatilag megegyezik a newtoni megfogalmazással. (Az összefüggésben egyenes arányosság helyett azért van egyenlőség, mert az SI-ben éppen úgy választották meg az erő mértékegységét, hogy az arányosságból egyenlőség legyen.)

3. Az erőt Simon *Stevin* (1548–1620) holland fizikus, matematikus ábrázolta először nyíllal. Stevin nevéhez fűződik a tizedestörtekkel való számolás bevezetése is 1595-ben.

Képek jegyzéke

	<p>Labda a tizenegyes elrúgásakor</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2013-09-08_Patrice_Bernier_penalty.jpg</p>
	<p>Billiárdgolyók ütközése</p> <p>© https://www.flickr.com/photos/31732378@N02/3028813309/sizes/o/</p>
	<p>Teniszlabda leesése</p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0008.jpg</p>
	<p>Mágnes mellett elguruló vasgolyó</p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0018.jpg</p>
	<p>Kiskocsi gyorsítása gumiszállal</p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0019.jpg</p>
	<p>Átlaggyorsulás–tömeg grafikon</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0110.svg</p>
	<p>Régi rugós erőmérő</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dinam%C3%B3metro.jpg</p>
	<p>Rugós erőmérő</p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0020.jpg</p>

	<p>Rugós erőmérő kör alakú skálával</p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0021.jpg</p>
	<p>A <i>Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica</i> címlapja (1687)</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Principia-title.png</p> <p>A teljes könyv digitalizált változata</p> <p>https://books.google.hu/books?id=-3RXspUecy4C</p>

Jelmagyarázat:

- © **Jogvéde**tt anyag, felhasználása csak a szerző (és az egyéb jogtulajdonosok) írásos engedélyével.
- W A **Wikimedia Commons**-ból származó kép, felhasználása az eredeti kép leírásának megfelelően.

◀	<i>Tartalom</i>	<i>Fogalmak</i>	<i>Törvények</i>	<i>Képletek</i>	<i>Lexikon</i>	▶
---	-----------------	-----------------	------------------	-----------------	----------------	---