

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

Nehézségi erő, súly, súlytalanság

A lehulló alma egyenes vonalú egyenletesen változó mozgást végez, mozgása szabadesés. Tudjuk, hogy a szabadon eső testek g gyorsulással esnek lefelé. Hajítás közben ugyancsak g gyorsulással mozognak a testek. Ezekben az esetekben a testek gyorsulását alapvetően a Föld körül levő gravitációs mező okozza. Ez a kölcsönhatás a *nehézségi erővel* jellemezhető, amelynek erőtvénnye a dinamika alapegyenlete szerint:

$$F_{\text{neh}} = m \cdot g .$$



A *nehézségi erő nagysága egyenesen arányos a test tömegével*, hiszen hányadosuk, a *nehézségi gyorsulás* minden testre ugyanakkora:

$$\frac{F_{\text{neh}}}{m} = g = \text{állandó} .$$

A *nehézségi erő függőlegesen lefelé mutat*, mert az erő iránya mindig megegyezik a gyorsulás irányával.

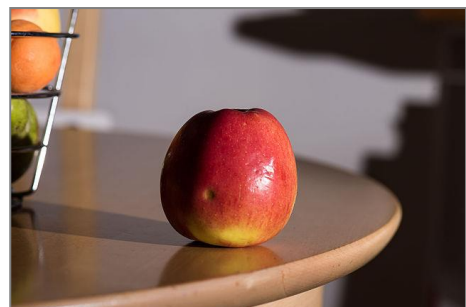
A fán függő vagy az asztalra helyezett alma nyugalomban van, így nem is gyorsul. Az almára ható erők eredője tehát nullvektor. Ez csak úgy lehetséges, hogy a nyugalomban lévő testre a *nehézségi erő*n kívül még egy F_t *tartóerő* is hat, amely a *nehézségi erővel* ellentétes irányú, de azzal megegyező nagyságú.



$$F_t = -F_{\text{neh}} .$$

A fenti példában ezt a felfelé irányuló tartóerőt a faág, illetve az asztallap fejt ki az almára, mivel a test a gravitációs mezőn kívül csak ezekkel érintkezik.

A hatás-ellenhatás elvével összhangban azonban az alma is húzza a faágot, illetve nyomja az asztal lapját. Azt az



erőt, amelyet a test az alátámasztásra vagy a felfüggesztésre kifejt, **súlynak** nevezzük. A súly jele: **G**. A hatás-ellenhatás elvének megfelelően a súly nagysága megegyezik a tartóerő nagyságával, de iránya azzal ellentétes, tehát lefelé hat.

$$G = -F_t .$$

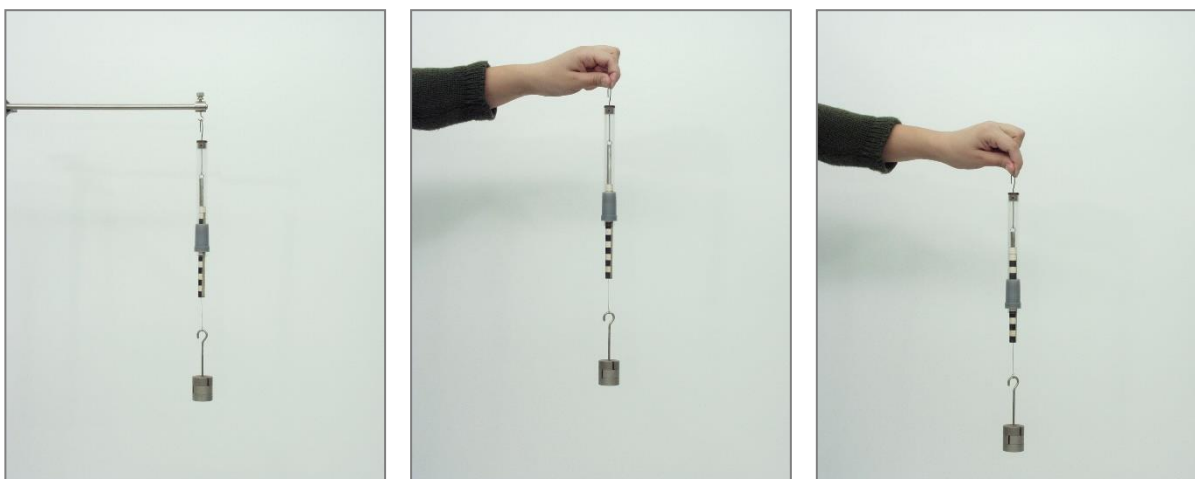
Az előzőekből következik, hogy *nyugvó testnél a nehézségi erő, a tartóerő és a súly nagysága ugyanakkora*:

$$F_{\text{neh}} = F_t = G .$$

A három erő főbb jellemzőit a következő táblázat tartalmazza:

| Neve | Jele | Iránya | Mi fejt ki? | Mire hat? |
|---------------|------------------|--------|------------------------------------|--|
| Nehézségi erő | F_{neh} | le | a gravitációs mező | a testre |
| Tartóerő | F_t | fel | az alátámasztás a felfüggesztés | a testre |
| Súly | G | le | a test | az alátámasztásra a felfüggesztésre |

Ha egy nehezéket egy rugós erőmérőre akasztunk, akkor az erőmérő a test $G = m \cdot g$ súlyának megfelelő erőt jelez. Ha a kezünkben tartott erőmérőt a nehezéssel együtt felfelé gyorsítjuk, akkor az erőmérő az előzőnél nagyobb súlyt jelez. Lefelé történő gyorsításkor a súly kisebb, mint eredetileg volt.



Hasonló jelenséget figyelhetünk meg, ha egy személymérlegen hirtelen leguggolunk vagy kiegyenesedünk. A megfigyelések azt mutatják, hogy a függőleges irányban gyorsuló testek súlyának és a nehézségi erőnek a nagysága nem egyezik meg egymással.

A függőlegesen gyorsuló testek súlya a [dinamika alapegyenletéből](#) kiindulva határozható meg. Mivel a testre csak a nehézségi erő és a tartóerő hat, ezért

$$F_{\text{neh}} + F_{\text{t}} = m \cdot a .$$

Mivel a nehézségi erő felírható a tömeg és a nehézségi gyorsulás szorzataként, ezért:

$$m \cdot g + F_{\text{t}} = m \cdot a .$$

Ebből a tartóerő:

$$F_{\text{t}} = m \cdot a - m \cdot g = m \cdot (a - g) .$$

A súly a tartóerővel megegyező nagyságú, de azzal ellentétes irányú, így

$$G = -F_{\text{t}} = -m \cdot (a - g) = m \cdot (g - a) .$$

Eszerint a függőleges irányban gyorsuló test súlya:

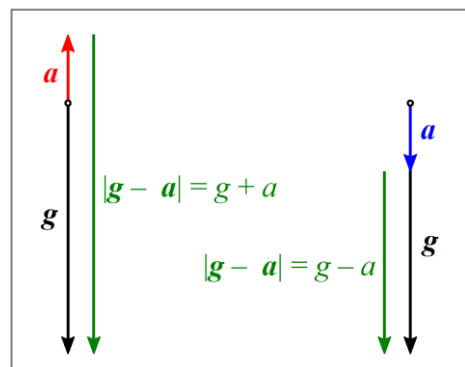
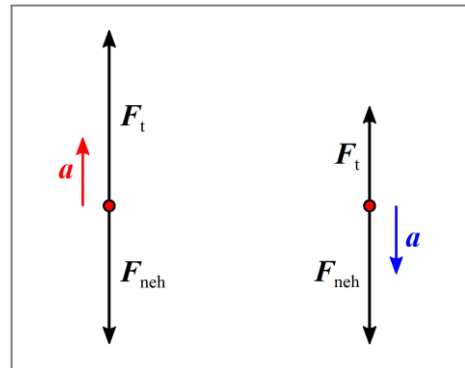
$$G = m \cdot (g - a) .$$

Ha a test felfelé gyorsul, akkor a g és az a irányja ellentétes, ezért a test súlyának nagysága:

$$G = m \cdot (g + a) .$$

Ha a test lefelé gyorsul, akkor a g és az a irányja megegyezik, ezért a test súlyának nagysága:

$$G = m \cdot (g - a) .$$



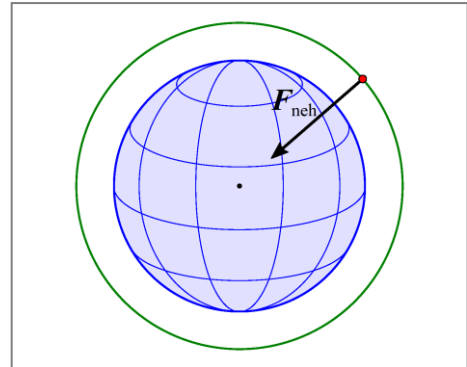
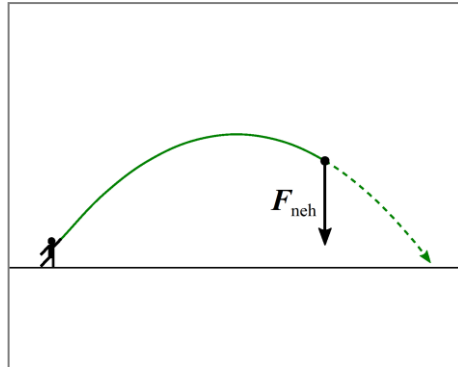
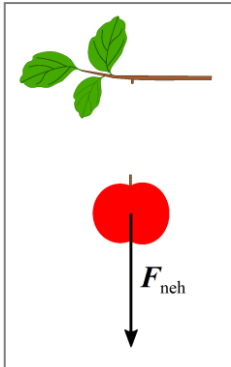
Ez azt jelenti, hogy a felfelé gyorsuló testnek nagyobb, a lefelé gyorsulónak pedig kisebb a súlya, mint függőleges gyorsulás nélküli állapothoz tartozó súly.

Ha a test lefelé történő gyorsulása pontosan g nagyságú, akkor az előző összefüggés szerint a súlya:

$$G = m \cdot (g - g) = 0 ,$$

azaz a test súlytalan. A súly azonban a testre ható tartóerő ellenereje, így ilyenkor a tartóerő is nullvektor, azaz [súlytalanság](#) esetén az alátámasztás, illetve a felfüggesztés nem fejt ki erőt a testre.

Súlytalanság jön létre tehát minden olyan esetben, amikor a testre csak a nehézségi erő hat. Így súlytalan például a fáról leeső alma, a ferdén elhajított súlygolyó vagy a Föld körül keringő, hajtóműveit nem működtető űrhajó és a benne lévő űrhajósok is.





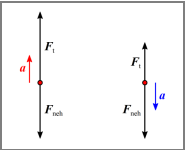
Kiegészítés

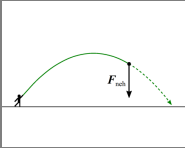
1. A súly szót a köznyelvben nagyon gyakran hibásan, a tömeg helyett használják. A fizikában azonban a tömeg és a súly két különböző mennyiséget jelöl.
2. Tudjuk, hogy a nehézségi gyorsulás függ a földrajzi helytől, illetve a tengerszint feletti magasságtól. Emiatt ugyanannak a testnek a súlya különböző helyeken eltérő lehet. Mivel az egyes égitestek felszínén a nehézségi gyorsulás értéke általában eltér a földitől, így a testek súlya is más, mint a Föld felszínén.
3. Az *űrhajók kilövésekor* a benne levő űrhajós felfelé gyorsul, gyorsulásának nagysága a nehézségi gyorsulás többszöröse. Az űrhajós gyorsulását az ülés által kifejtett tartóerő okozza, amely a nyugalomban kifejtett tartóerő többszöröse. A hatás-ellenhatás törvénye miatt viszont az űrhajós is ugyanekkora erővel hat az ülésre, azaz súlya a normális érték többszöröse is lehet. A kilövés során a vér súlya is megnövekszik, és nagyobb erővel nyomja az erek falát. Ugyancsak nagyobb lesz a belső szervek súlya. Az erek, illetve a belső szerveket felfüggesztő izmok, inak ezt a túlterhelést csak egy bizonyos határig képesek elviselni. A Föld körül *kikapcsolt hajtóművekkel keringő űrhajóban* a tárgyakra és az űrhajósra is csak a nehézségi erő hat, ezért ilyenkor súlytalanság alakul ki.
4. *Galileo Galilei* (1564–1642) olasz fizikus ismerte fel, hogy a szabadon eső testek súlytalanok. Az 1638-ban megjelent *Dicorsi* (Beszélgetések) című, párbeszédese formában megírt könyvében így ír erről: „Érezzük a vállunkon a súlyt, midőn ellenszegülünk annak a mozgásnak, amelyre a bennünket nyomó súly törekszik, ám ha ugyanolyan sebességgel ereszkednénk alá, amellyel a szabadon eső teher a helyét változtatja, akkor ugyan mi módon tudna bennünket nyomni a súly? Nem látja-e, hogy ez ugyanaz, mintha kopjával akarnók megsebesíteni azt, aki előttünk szalad, velünk egyenlő vagy annál nagyobb sebességgel? Vonja hát le ebből azt a következtetést, miszerint szabad és természetes esés közben a kis kő nem fejt ki nyomást a nagy kőre, azaz nem növeli annak súlyát, ahogyan ez nyugalmi állapotban megtörténik.”

Kísérlet

Tegyünk egy kb. 100 gramm tömegű puha gyurmagolyót egy mindkét végén alátámasztott műanyag vonalzó közepére! Mi történik a vonalzóval? Melyik erő okozza ezt a változást? Milyen változás történik eközben a golyó alján? Melyik erő okozza ezt a változást?

Képek jegyzéke

| | |
|---|---|
|  | <p>Szabadon eső alma W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Falling_apple_crop.jpg</p> |
|  | <p>Alma a faágon W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Beautiful_red_apple.jpg</p> |
|  | <p>Alma az asztalon W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:14_juni-1629_(18811997551).jpg</p> |
|  | <p>Nehezék súlya nyugalomban © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0029.jpg</p> |
|  | <p>Felfelé gyorsuló nehezék súlya © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0030.jpg</p> |
|  | <p>Lefelé gyorsuló nehezék súlya © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0031.jpg</p> |
|  | <p>A függőlegesen gyorsuló testre ható erők © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0114.svg</p> |
|  | <p>A gyorsulások függőlegesen gyorsuló testnél © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0115.svg</p> |

| | |
|---|--|
|  | <p>Szabadon eső alma súlytalansága © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0116.svg</p> |
|  | <p>Az elhajított súlygolyó súlytalansága © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0117.svg</p> |
|  | <p>A Föld körül keringő űrhajó súlytalansága © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0118.svg</p> |

Jelmagyarázat:

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