

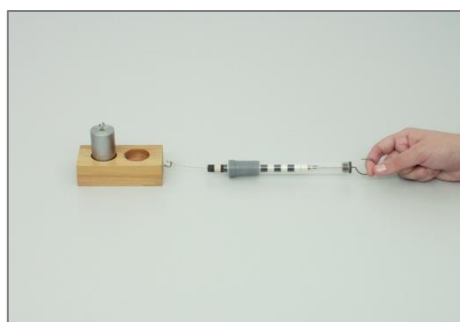
◀	<i>Tartalom</i>	<i>Fogalmak</i>	<i>Törvények</i>	<i>Képletek</i>	<i>Lexikon</i>	▶
---	-----------------	-----------------	------------------	-----------------	----------------	---

## A súrlódás

A jégen csúszó jégkorong, az asztalapon meglökött könyv, egyre lassabban mozog, majd megáll. Mozgásállapotuk megváltozását a *csúszási súrlódás* okozza, amely a *csúszási súrlódási erővel* jellemezhető. A testre ható csúszási súrlódási erő iránya mindig ellentétes a testnek a felülethez viszonyított sebességével.



A csúszási súrlódási erő nagysága közvetlenül nem mérhető, de a dinamika alapegyenletét felhasználva meghatározható. Ha ugyanis egy testet egy erőmérő közbeiktatásával állandó sebességgel húzunk egy vízszintes felületen, akkor a dinamika alapegyenlete szerint a testre ható erők vektori összege nullvektor, mert a test nem gyorsul. A rajz szerinti jelölésekkel:

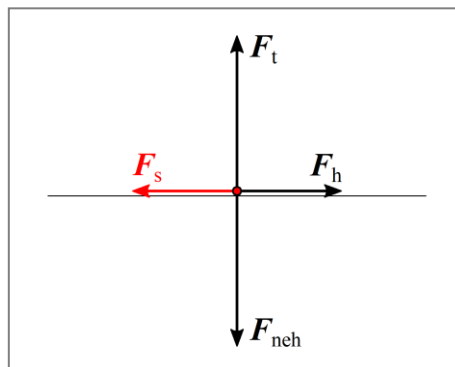


$$\mathbf{F}_{\text{neh}} + \mathbf{F}_t + \mathbf{F}_h + \mathbf{F}_s = \mathbf{0}$$

A nehézségi erő és a tartóerő vektori összege nulla, mert a test függőlegesen nem gyorsul, így:

$$\mathbf{F}_h + \mathbf{F}_s = \mathbf{0}$$

$$\mathbf{F}_s = -\mathbf{F}_h$$



Ilyenkor tehát a súrlódási erő nagysága megegyezik a húzóerő nagyságával, amely az erőmérőről közvetlenül leolvasható:

$$F_s = F_h$$

Ezt felhasználva megmértük egy fahasáb és az asztallap között ható csúszási súrlódási erő nagyságát különböző nyomóerők esetén. (A nyomóerőt a hasábra helyezett nehezekekkel változtattuk.) A mérési eredményeket a következő táblázat tartalmazza:

$F_n$ (N)	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
$F_s$ (N)	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2

Ha kiszámítjuk a súrlódási erő és a nyomóerő hányadosát, akkor minden esetben ugyanakkora értéket, 0,4-et kapunk. Eszerint *a súrlódási erő és a felületeket összenyomó erő nagysága egyenesen arányos egymással.*

A mérést egy, az előbbinél simább felületen megismételve a következő eredményeket kaptuk:

$F_n$ (N)	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
$F_s$ (N)	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6

A két erő nagysága most is egyenesen arányos egymással, mivel hányadosuk állandó, 0,2. Ez az érték azonban kisebb, mint az előző, durvább felületnél kapott érték. A súrlódási erő és a felületeket összenyomó erő nagyságának a hányadosa tehát minden esetben egy-egy állandó érték, amely csak a súrlódó felületek anyagi minőségétől függ.

*Az egymáson elcsúszó felületek között ható csúszási súrlódási erő és a felületeket egymáshoz szorító nyomóerő nagyságának a hányadosát **csúszási súrlódási tényezőnek** nevezzük. A csúszási súrlódási tényező jele  $\mu$ . (A  $\mu$  görög betű, neve mű.)* Képlettel:

$$\mu = \frac{F_s}{F_n}$$

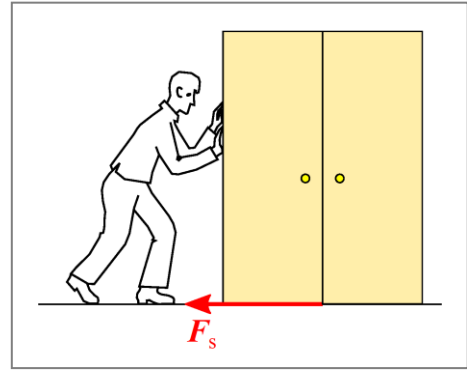
A csúszási súrlódási tényező mértékegysége:

$$[\mu] = \frac{[F_s]}{[F_n]} = \frac{\text{N}}{\text{N}} = 1$$

A csúszási súrlódási tényezőt néha százalékban fejezik ki.

Az előzőhöz hasonló mérésekkel igazolható, hogy *a csúszási súrlódási tényező független a két felület egymáshoz viszonyított sebességétől, és nem függ a súrlódó felületek nagyságától sem.*

Ha egy súlyosabb ládát, bútort el akarunk tolni a helyéről, akkor ez csak egy kellően nagy erővel lehetséges. Ha ennél kisebb erőt fejtünk ki, akkor a test nyugalomban marad. Az alátámasztás ugyanis szintén erőt fejt ki a testre, és ez meggátolja a test mozgását. Ezt a jelenséget a *tapadási súrlódásnak*, az ebből származó erőt a *tapadási súrlódási erőnek* nevezzük.



Mivel ilyenkor a test nyugalomban van, így nem is gyorsul. A dinamika alapegyenlete szerint ezért a testre ható erők vektori összege nullvektor:

$$\mathbf{F}_{\text{neh}} + \mathbf{F}_t + \mathbf{F}_h + \mathbf{F}_s = \mathbf{0}$$

$$\mathbf{F}_s = -(\mathbf{F}_{\text{neh}} + \mathbf{F}_t + \mathbf{F}_h)$$

$$\mathbf{F}_s = -\Sigma \mathbf{F}_{\text{többi}}$$

A *tapadási súrlódási erő* a testre ható többi erő vektori összegével azonos nagyságú, de azzal *ellentétes irányú*. A test mindaddig nyugalomban van, amíg a tapadási súrlódási erő egy küszöbértéket el nem ér. Ha a testre ható többi erő vektori összege ennél a küszöbértéknél nagyobb, akkor a test mozgásba jön. A tapadási súrlódási erőnek ezt a maximális értékét  $\mathbf{F}_{s0}$ -al jelöljük.

Mérésekkel igazolható, hogy a tapadási súrlódási erő a maximumának és a nyomóerőnek a hányadosa minden esetben egy-egy állandó érték, amely csak a súrlódó felületek anyagi minőségétől függ.

Az egymáshoz képest nyugvó felületek között ható tapadási súrlódási erő maximális értékének és a felületeket egymáshoz szorító nyomóerő nagyságának a hányadosát *tapadási súrlódási tényezőnek* nevezzük. A tapadási súrlódási tényező jele  $\mu_0$ . Képlettel:

$$\mu_0 = \frac{F_{s0}}{F_n}$$

A tapadási súrlódási tényező mértékegysége:

$$[\mu_0] = \frac{[F_{s0}]}{[F_n]} = \frac{\text{N}}{\text{N}} = 1$$

A tapadási súrlódási tényezőt szintén megadhatjuk százalékban is.

A mérések szerint a tapadási súrlódási tényező mindig nagyobb, mint az ugyanezen felületek közti csúszási súrlódási tényező. Ez a magyarázata annak, hogy egy test elcsúsztatásakor a megmozdításához nagyobb erőre van szükség, mint a folyamatos mozgatásához.

## Kiegészítés

1. A súrlódási tényezőt **súrlódási együtthatónak** is nevezik.

2. A súrlódás törvényszerűségeit elsőként *Charles Coulomb* (1736–1806) francia fizikus írta le 1779-ben megjelent, *Az egyszerű gépek elmélete* című munkájában. (A mű nyomtatott változata itt olvasható: <https://books.google.hu/books?id=8FIVAAAAQAAJ&pg=RA3-PA161>.) Coulomb jelentős eredményeket ért el az elektromosság területén is, ezért róla nevezték el az **elektromos töltés SI-mértékegységét** is.



3. A súrlódást jelentősen befolyásolja a felületek között elhelyezkedő anyag is. Például fémeknél olajozással, fafelületeknél viasszal vagy szappannal jelentősen csökkenthető a súrlódás. Néha a súrlódást növelni kell, például a jeges útfelületre ezért szórnak például homokot.

4. A közlekedésben fontos, hogy a meghajtott, a fékezett, illetve a kormányzott kerekek ne csússzanak meg az útfelületen. A kerék és az útfelület között csúszáskor fellépő csúszási súrlódási erő ugyanis kisebb, mint a kerék gördüléskor ható tapadási súrlódási erő. A tapadási súrlódási tényező ugyani mindig nagyobb, mint az ugyanezen felületek közti csúszási súrlódási tényező. Csúszáskor tehát a kerékre kisebb súrlódási erő hat, és ez kisebb gyorsulást eredményez. Emiatt a jármű kevésbé gyorsítható, fékezhető vagy kormányozható. A megfelelően nagy súrlódás a kerék anyagának célszerű megválasztásával és a felületének megfelelő kialakításával érhető el.

5. Mivel a kerék és az útfelület közé kerülő víz jelentősen csökkenti a súrlódást, ezért a gumiabroncsokon olyan bordázatot alakítanak ki, amely kivezeti a vizet a kerék alól.



Ha a gumi bordázata erősen kopott, és így a bordák mélysége kicsi, akkor nagy sebességnél a víz nem tud távozni, és a kerekek alatt egy vízpárna alakul ki. Emiatt a súrlódási erő jelentősen csökken, a jármű irányíthatatlanná válik.



6. A gyalogosok mozgását is a tapadási súrlódás teszi lehetővé. Gyalogláskor a talajt a lábunkkal hátrafelé nyomjuk, a talaj pedig a **hatás-ellenhatás törvényének** megfelelően ezzel ellentétes irányú erőt fejt ki a lábunkra. A talaj és a cipő közti súrlódás szerepe jeges úton jól érzékelhető. A kisebb súrlódási erő miatt lényegesen nehezebb az elindulás, a megállás vagy az irányváltoztatás.

## Képek jegyzéke

	<b>Jégkorong a jégen</b> W <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ice_hockey_puck_on_ice_2018_0112.jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ice_hockey_puck_on_ice_2018_0112.jpg</a>
	<b>A csúszási súrlódási erő mérése</b> © <a href="http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0038.jpg">http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0038.jpg</a>
	<b>A testre ható erők csúszáskor</b> © <a href="http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0132.svg">http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0132.svg</a>
	<b>A tapadási súrlódási erő</b> © <a href="http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0133.svg">http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0133.svg</a>
	<b>Coulomb arcképe</b> W <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Charles_de_Coulomb.png">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Charles_de_Coulomb.png</a>
	<b>Gépkocsi gumiabroncsának bordázata</b> © <a href="http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0039.jpg">http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0039.jpg</a>
	<b>Vízpárna kialakulása a kerekek alatt</b> W <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BMW_1_Series_E87.jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BMW_1_Series_E87.jpg</a>

### 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.