

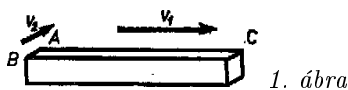
Kérdés: Miért lehet egy szöget a fából könnyen kihúzni, ha közben forgatjuk? (Fehér György)

Felelet. Mielőtt megadjuk a választ, beszéljünk pár szót a súrlódási erőről. Súrlódási erő akkor léphet fel, ha két test érintkezik egymással. Szorítkozzunk arra az esetre, amikor két szilárd test érintkezik. Élesen el kell különíteni két esetet. Az egyik, amikor a két test egymáshoz képest nyugalomban van. Pl. legyen egy téglatest nyugalomban az asztalon. A téglatestre hat lefelé a súlya, felfelé az asztal ellenereje. A két erő összege 0, tehát érthető a nyugalom. Húzzunk a téglatestre egy vízszintes irányú kicsi F erővel. A test ekkor is nyugalomban marad. Mivel tudjuk ezt magyarázni? Fellép a testre egy, az előbbivel ellentétes irányú, de azonos nagyságú súrlódási erő. Növeljük az F erőt. Egy bizonyos F_{so} határig a test mindig nyugalomban marad. F_{so} hatására már elmozdul a test.

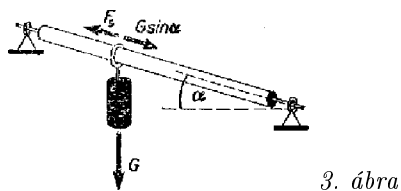
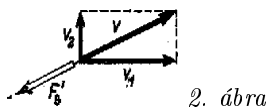
Kérdés, mitől függ ez az F_{so} határ? A kísérletek azt mutatják, hogy ez a maximális erő ilyen alakban írható: $F_{so} = \mu F_{ny}$, ahol F_{ny} jelenti a felületre merőleges nyomóerőt, μ pedig az úgynevezett súrlódási együtthatót, amely csak a két felület minőségétől függ. Tehát két egymáshoz képest nyugalomban levő test között maximálisan $F_{so} = \mu F_{ny}$ súrlódási erő léphet fel, amely mindig ellentétes irányú a felület síkjában ható erővel. Ha a testre a felület síkjával párhuzamosan nem hat erő, akkor a súrlódási erő nem lép fel, ha pedig hat F erő, akkor a súrlódási erő mindig hozzá igazodik, vele ellentétes irányú, azonos nagyságú, egészen addig, amíg $F \leq F_{so} = \mu F_{ny}$.

Ha tehát egy szöget ki akarunk húzni a fából, az azért nehéz, mert a húzási iránnyal ellentétesen fellép a nyugalmi, vagy más néven, a tapadási súrlódási erő.

Nézzük most a másik esetet, amikor a két test egymáshoz képest v állandó sebességgel mozog. Tegyük egy téglatestet az asztalra és húzzuk egy dinamométer segítségével egyenes vonalon, egyenletes sebességgel. A dinamométer erőt jelez. Newton I. törvénye szerint ahhoz, hogy egy test egyenesvonalú egyenletes mozgást végezzen, nem szükséges erő. Így a dinamométer által mutatott erő nem a mozgás fenntartásához, hanem a súrlódási erő legyőzéséhez szükséges. Tehát ha két test egymáshoz képest mozog, fellép közöttük egy a sebességgel ellentétes irányú állandó F'_s csúszó súrlódási erő. A kísérletek szerint $F'_s = \mu' F_{ny}$, itt F_{ny} a felületre merőleges nyomóerő, μ' pedig a csúszási súrlódási együttható, amely nem függ a felület nagyságától és a sebességtől, csak az egymással érintkező felületek minőségétől. μ' általában valamivel kisebb, mint μ . Mivel μ' nem függ a sebességtől, így törvényünk bármilyen mozgás esetén igaz.



Vegyük a következő példát. Egy vízszintes síkon fekvő nagy gerendát AB irányban szeretnénk kis erővel elmozdítani. Ezt nem tudjuk megtenni a súrlódási erő miatt. Ha azonban AC irányban tudjuk v_1 sebességgel mozgatni (pl. ebben az irányban több ember hozzáférhet, vagy gépi erő áll rendelkezésünkre stb.), akkor azt tapasztaljuk, hogy mozgás közben már a kis erővel is tudjuk AB irányban $v_2 \ll v_1$ sebességgel mozgatni. Mi a magyarázat? Ha a test v_1 és v_2 sebességgel is mozog, akkor az eredő v sebesség megszerkeszthető (lásd 2. ábra). A súrlódási erő ezzel a v -vel ellentétes irányú. Tehát a v_2 irányban való mozgatásnál F'_s -nek csak v_2 irányú komponensét kell legyőzni, ez pedig $v_2 \ll v_1$ esetében jóval kisebb, mint F'_s .



Tárgyalunk még egy kísérletileg könnyen megvalósítható és igen meggyőző példát.

A és B pontban (3. ábra) úgy rögzítsünk egy rudat, hogy az tengelye körül foroghasson. Legyen a rúd először nyugalomban. Helyezzünk rá egy súlyt. Állítsuk be a rúd meredekségét úgy, hogy a súly nyugalomban maradjon, tehát $G \sin \alpha = F_s \leq \mu' G \cos \alpha$. Legyen α olyan kicsi, hogy még $G \sin \alpha \leq \mu' G \cos \alpha$ is teljesüljön, ahol μ' a csúszási súrlódási együttható. Tehát még ha lefelé irányuló sebességet is adok a testnek, akkor is meg fog állni, mert a $G \sin \alpha$ mozgató erő még a csúszási súrlódási erőt sem tudja legyőzni. Most kezdjük el forgatni a rudat, a test megindul lefelé. A magyarázat az előbbi példa után világos: a rúd és a test közötti sebesség most érintőleges, ezzel ellentétes a mozgási súrlódási erő, az elmozdulás pedig rúd irányú, tehát csak a súrlódási erő összetevőjét kell győzni. Természetesen a test sebessége csak egy bizonyos határig növekedhet, mert nagyobb sebességnél már a súrlódási erő rúd irányú összetevője is növekszik.

Reméljük, ezek után a válasz már magától adódik: amikor a függőlegesen álló szöveget tengelye körül forgatjuk, a súrlódási erő vízszintes irányú. Mi kifelé, azaz függőleges irányban mozgatjuk, és ha igen kicsi ez a sebesség, akkor a súrlódási erőre majdnem merőleges az elmozdulás, azért kell kicsi erő.

Természetesen ezen a lényeges fizikai effektuson kívül több apró effektus is felléphet, amely függ a fa minőségétől (puha vagy kemény), a forgatás módszerétől, a szögfelület minőségétől (sima vagy recés) stb. Ezekre a tényezőkre nem térünk ki (bizonyos esetekben a cikkben tárgyalt effektus döntő lehet pl. puhafánál).

Oldjuk meg a következő feladatot:

Minimálisan mekkora sebességgel kell haladnia a „halál-katlanban” haladó artistának (a halál-katlan egy függőleges henger, melynek belsejében vízszintes síkban halad motorral az artista), ha a henger sugara 10 m és a motor és a fal közötti súrlódási együttható 0,2? Milyen súrlódási együtthatóra van szükségünk? Mire kell vigyáznia a motoros artistának?

Poór István

Megoldóink figyelmébe! A 650. számú feladattal **E** jelzéssel új sorozatot indítunk. A jövőben minden számban közölni fogunk egy-két átlagosnál nehezebb, érdekes feladatot. A megoldást külön pontozzuk, függetlenül az **A**, **B**, **C** és a „**Gyakorlatok**”, pontversenyétől. Az **E** feladatok megoldásával pályázhatnak bármely korosztályhoz tartozó tanulók és elsőéves egyetemi hallgatók. A határidő és a többi alaki követelmény azonos a fizika pontverseny eddigi kiírásánál közöltekkel.