

Kísérleti Fizika I.

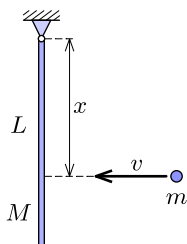
7. gyakorlat

Merev testek

Szükséges előismeretek: tömegközéppont mozgása, perdületmegmaradás, merev testek statikája, forgási energia, forgómozgás alapegyenlete, szögsebesség, szöggyorsulás, haladó és forgómozgás együttese;

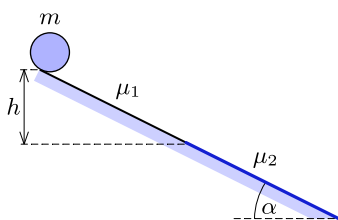
Feladatok órai munkára

F1. Egy L hosszúságú, M tömegű, homogén, vékony rúd az egyik végén átmenő vízszintes tengely körül szabadon elfordulhat. A rúddal tökéletesen rugalmasan ütközik egy vízszintes irányú v sebességgel haladó, m tömegű kis test.



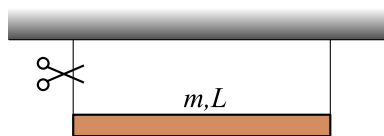
- A tengelytől mekkora x távolságra csapódjon be a kis test, hogy az ütközés rövid ideje alatt a tengelyre ne hasson vízszintes erő?
- Mekkora legyen ebben az esetben az m/M tömegarány, hogy a kis test teljes mozgási energiáját átadja a rúdnak?

F2. Egy $\alpha = 30^\circ$ hajlásszögű, két különböző felülettel rendelkező, hosszú lejtő tetejéről kezdősebesség nélkül induló $m = 4$ kg tömegű, tömör henger mozgását vizsgáljuk. A lejtő első szakasza nagyon sima, a súrlódási tényező $\mu_1 = 0$, a második szakaszon pedig a súrlódási tényező $\mu_2 = \tan \alpha$. Erre a felületre a henger akkor érkezik, amikor a lejtőn haladva függőleges irányban már $h = 1,8$ m-t süllyedt.



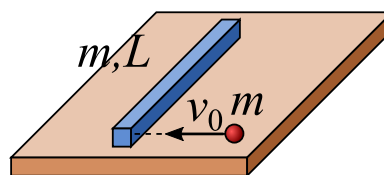
- Az indítástól számítva mennyi idő múlva fog a henger tisztán gördülni?
- Mennyi mechanikai energia vesz el a henger mozgása során?

F3. Egy m tömegű, L hosszúságú, vékony rúd végeihez azonos hosszúságú, könnyű, de valamelyest nyúlós madzagokat kötöttünk. A madzagok másik végét a plafonhoz rögzítettük az ábrán látható módon úgy, hogy azok függőlegesek, a rúd pedig vízszintesen lóg nyugalomban. Ezután elvágjuk az egyik madzagot.



- Mekkora a rúd tömegközéppontjának gyorsulása a vágás utáni pillanatban?
- Mekkora a rúd szöggyorsulása?
- Ezek alapján milyen irányba és mekkora gyorsulással indul el a rúd azon vége, mely továbbra is a plafonhoz van kötve?

F4. Egy súrlódásmentes asztalon fekvő, m tömegű, L hosszúságú, vékony rúd végéhez a rúdra merőleges v_0 sebességgel tökéletesen rugalmatlanul nekiütközik egy ragacsos, szintén m tömegű, pontszerű test, ami az ütközés után hozzáragad a rúd végéhez.



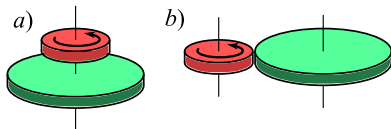
- Határozzuk meg az ütközés utáni rendszer (rúd + hozzáragadt test) tömegközéppontjának mozgását!
- Mekkora az ütközés utáni rendszer tömegközéppontján átmenő függőleges tengelyre vonatkoztatott tehetetlenségi nyomatéka?
- Mekkora az ütközés után a rendszer szögsebessége?

F5. Tekintsük ismét az **F4.** feladat elrendezését, azonban legyen most az ütközés tökéletesen rugalmas.

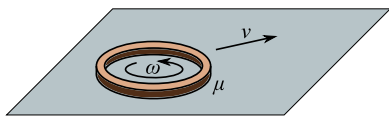
- Írjuk fel a releváns megmaradási tételket a feladatban!
- A rúd ütközés utáni szögsebessége és tömegközéppontjának sebessége nem függetlenek egymástól, ugyanis mindkettő a kis testtel való kölcsönhatás „eredménye”. Milyen összefüggés van a szögsebesség és sebesség között?
- Adjuk meg a rúd és a kis test ütközés utáni sebességeit és a rúd szögsebességét is!

F6. Van két homogén, tömör henger alakú tárcsánk. Az egyik (a kisebb) m_1 tömegű és R_1 sugarú, a másik m_2 tömegű és R_2 sugarú. A kisebb hengert ω_0 szögsebességre gyorsítjuk, majd kölcsönhatásba hozzuk a nagyobb hengerrel. Mekkora lesz az egyes hengerek állandósult szögsebessége, ha

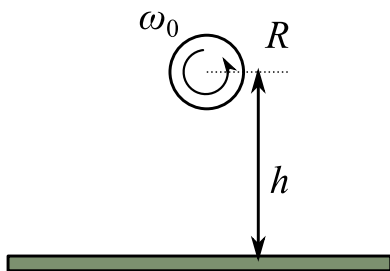
- a hengerek forgástengelye közös,
- a hengerek a palástjukon érnek össze?
- Utóbbi esetben miért nem alkalmazható a perdületmegmaradás?



F7*. Egy kör alakú abroncsot vízszintes, csúszós felületen (a csúszási súrlódási tényező μ) megforgatunk ω szögsebességgel, majd ellöktük vízszintes v sebességgel. Melyik mozgás „áll meg” előbb, a forgás vagy a haladás? (Segítség: próbáljuk megadni egy adott $\{v, \omega\}$ esetben az eredő súrlódási erőt és eredő forgatónyomatékokat. Feltételezhetjük, hogy a korong egyenletesen nyomja a felületet.)



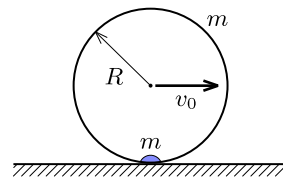
F8*. Vízszintes felület felett $h = 95$ cm magasságban lévő, $R = 20$ cm sugarú abroncsot $\omega_0 = 5,0$ s⁻¹ szögsebességgel megforgatunk, és kezdősebesség nélkül elengedünk. Az abroncs a vízszintes felülettel való ütközés után a felületet $v = 2,0$ m/s sebességgel hagyja el, és $\omega_1 = 3,0$ s⁻¹ szögsebességgel forog.



- Mozgási energiájának hány százalékát veszítette el az abroncs az ütközés során?
- Milyen szögben hagyja el az abroncs a vízszintes felületet?

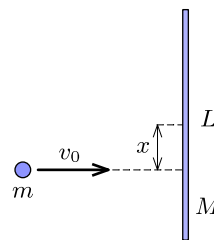
„kisZH” Házi feladatok

H1. Függőleges síkban lévő, $m = 1,6$ kg tömegű, $R = 0,20$ m sugarú abroncs kerületére szintén m tömegű, pontszerű nehezéket erősítettünk. A kezdőpillanatban a nehezék legalul van. Ebben a helyzetben az abroncsot vízszintes síkon adott kezdősebességgel elgurítjuk. Az abroncs mozgása során tisztán gördül.



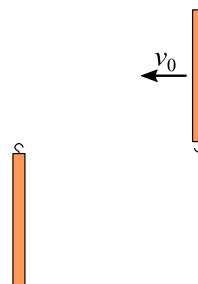
- Először tételezzük fel, hogy az abroncs mozgása során nem válik el a talajtól. Adott v_0 kezdősebességgel elindítva az abroncsot (azaz annak középpontját) mekkora v sebességgel gördül az abroncs, amikor a nehezék a legfelső helyzetben van?
- Maximálisan mekkora v_0 sebességgel mozoghat indításkor az abroncs középpontja, hogy az abroncs a nehezék legfelső helyzetében se távolodjon el a vízszintes talajról?

H2. Légpárnás asztalon nyugalmában lévő, $M = 2,0$ kg tömegű, $L = 60$ cm hosszúságú, homogén rúddal rugalmasan ütköztetünk egy $m = 1,5$ kg tömegű, kicsiny korongot. A korongot egy bizonyos sebességgel a rúdra merőlegesen indítjuk el.



- A rúd tömegközéppontjától mekkora x távolságban kell indítani a korongot, hogy az a rugalmas ütközés során az összes energiáját átadja a rúdnak?
- Mekkora sebességgel mozognak a rúd végpontjai az ütközés utáni pillanatban, ha a korongot v_0 sebességgel indítottuk?

H3. Van két egyforma m tömegű, L hosszúságú rudunk, melyek súrlódásmentes asztalon fekszenek. A végeikre kicsiny kampókat rögzítettünk, melyek össze tudnak akadni. Az egyik rúd kezdetben áll, a másikat v_0 sebességgel nekilökjük úgy, hogy a haladó rúd az összeakadás előtt párhuzamos az állóval, és a szögsebessége zérus. Az összeakadás után a rudak minden időpillanatban párhuzamosak egymással.



- a) Határozzuk meg az összeakadt „kampók” közös haladási sebességét a találkozás után.
- b) Mekkora lesz a rudak szögsebessége az összeakadás után?
- c) A kezdeti mechanikai energia hányad részevész el a folyamatban?

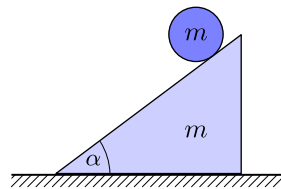
Segítség: egy m tömegű, L hosszúságú rúd tehetetlenségi nyomatéka a tömegközéppontján átmenő, rúdra merőleges tengelyre $\frac{1}{12}mL^2$. Ha a tengely a rúd végpontján halad át, akkor a tehetetlenségi nyomaték $\frac{1}{3}mL^2$.

NagyZH pluszpontért beadható házi feladat

B1. Egy α hajlásszögű lejtőn a súrlódási együttható a lejtő tetejétől mért távolsággal arányosan nő: $\mu(x) = \gamma x$. Írjuk le a lejtő tetejéről induló m tömegű, r sugarú abroncs mozgását! Mennyi idő múlva fog az abroncs tisztán gördülni?

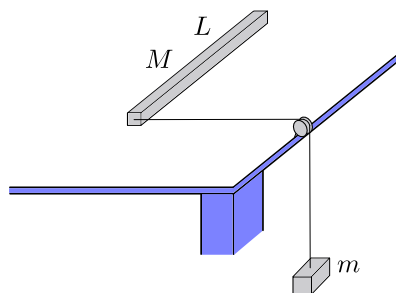
Feladatok további gyakorlásra

Gy1. Egy m tömegű, α hajlásszögű ékre egy szintén m tömegű, R sugarú hengert helyezünk az ábrán látható módon. A testeket kezdősebesség nélkül ebből a helyzetből elengedjük. Az ék és a talaj közötti súrlódás elhanyagolható, míg a henger és az ék közötti tapadási súrlódás olyan nagy, hogy a henger mozgása során mindvégig csúszás nélkül gördül. Határozzuk meg az ék gyorsulását!



Gy2.* Egy korong egyik esetben csak forgó mozgást végez függőleges tengelye körül, másik esetben csak haladó mozgást végez vízszintesen. A két mozgás energiája azonos. A korongot lapjával vízszintes asztalra helyezük. Melyik esetben áll meg hamarabb? Hányszor hamarabb? (Feltételezhetjük, hogy a korong egyenletesen nyomja az asztalt.)

Gy3. Vízszintes, sima asztalon egy $M = 12$ kg tömegű, $L = 0,6$ m hosszúságú, homogén rúd nyugszik, amelynek egyik végéhez vékony fonalat kötötünk, és ezt az asztal szélén lévő kis csigán átvetve egy $m = 0,3$ kg tömegű testhez erősítettük. A fonál kezdetben merőleges a rúdra.



Mekkora gyorsulással mozog a rúd két végpontja abban a pillanatban, amikor a lelógó m tömegű testet kezdősebesség nélkül elengedjük?