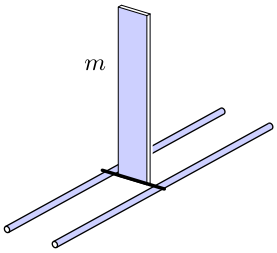
Kísérleti fizika I., 2018 őszi félév

8. gyakorlat

Szükséges előismeretek: a tehetetlenségi nyomaték tenzora, merev testek statikája, forgási energia, forgómozgás alapegyenlete, szögsebesség, szöggyorsulás, kényszerfeltételek;

Feladatok órai munkára

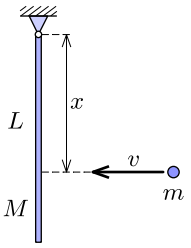
F1. Vékony, m tömegű pálca egyik végéhez merőlegesen kis tengelyt erősítettünk. A tengely az ábrán látható vízszintes sínpáron súrlódásmentesen csúszhat. Labilis egyensúlyi helyzetéből a pálca valamerre eldől.



a) Lesz-e a sínpárra ható nyomóerő valamikor nulla?

b) Mekkora a nyomóerő a 0°-os, 90°-os és 180°-os elfordulás pillanatában?

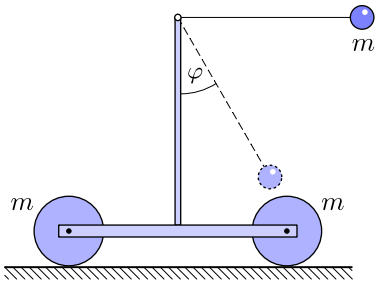
F2. Egy L hosszúságú, M tömegű, homogén, vékony rúd az egyik végén átmenő vízszintes tengely körül szabadon elfordulhat. A rúddal tökéletesen rugalmasan ütközik egy vízszintes irányú v sebességgel haladó, m tömegű kis test.



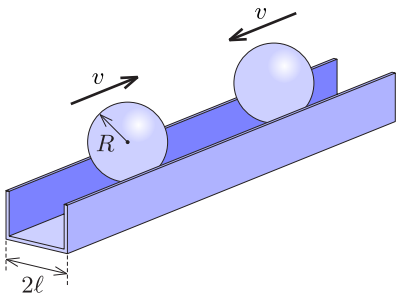
a) A tengelytől mekkora x távolságra csapódjon be a kis test, hogy az ütközés rövid ideje alatt a tengelyre ne hasson vízszintes erő?

b) Mekkora legyen ebben az esetben az m/M tömegarány, hogy a kis test teljes mozgási energiáját átadja a rúdnak?

F3. Frédi és Béni, a két kőkorszaki szaki olyan járgányt fejleszt ki, melynek két kereke minden tekintetben azonos, párhuzamos kőhenger. A találékony szakik egyedi meghajtáson dolgoznak: a luxusjárgány „motorja” egy függőlegesen elhelyezett árbóc, amelyhez L hosszúságú kötéllel egy színaranyból készült golyót rögzítenek, melynek tömege azonos egy kerék tömegével. A járművet óvatosságból utasok nélkül tesztelik, a golyót kitérítik vízszintes helyzetig, majd elengedik. A kerekek távolsága elegendően nagy ahhoz, hogy a mozgás során a kocsi ne boruljon fel. Mekkora sebességre gyorsul a járgány, amikor a kötél $\varphi = 30°$-os szöget zár be a függőlegessel? A kerekek és a pontszerűnek tekinthető golyó tömegén kívül minden más alkatrész tömegét elhanyagoljuk. Tételezzük fel, hogy a kerekek tisztán gördülnek, a gördülési ellenállás elhanyagolható.



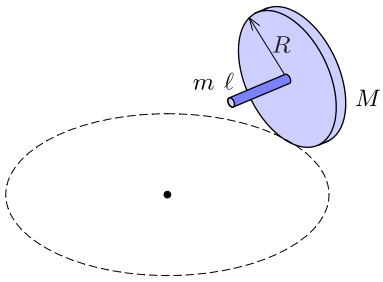
F4. Az *ábrán* látható vízszintes, szögletes U-alakú vályúban két, $R = 5$ cm átmérőjű biliárdgolyó tisztán gördül egymás felé egyforma, $v = 3$ m/s nagyságú sebességgel. A golyók ütközése tökéletesen rugalmas, a golyók közötti súrlódás elhanyagolható.



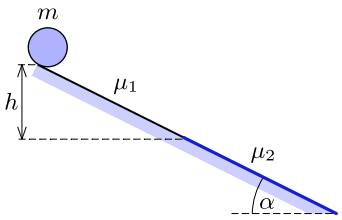
a) Mekkora legyen a vályú szélessége, hogy a golyók másodszor is ütközzenek?

b) Mekkora sebességgel ütköznek a golyók másodszor, ha a vályú szélessége $2\ell = 4$ cm?

F5. Az ábrán látható M tömegű, R sugarú homogén korongból és m tömegű, ℓ hosszú homogén rúdból álló „féltengelyes kerék” sík talajon csúszásmentesen gördül úgy, hogy a féltengely mindig vízszintes marad. Mutassuk meg, hogy a kerék körpálya mentén gördül! Mekkora a körpálya sugara, ha a kerék T idő alatt tesz meg egy teljes kört?



F6. Egy $\alpha = 30°$ 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 $\mu_2 = \operatorname{tg}\alpha$. Erre a felületre a henger akkor érkezik, amikor a lejtőn haladva függőleges irányban már $h = 1{,}8$ m-t süllyedt.

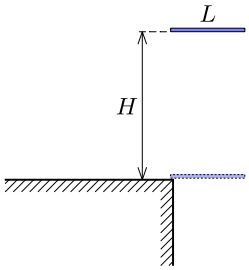


a) Az indítástól számítva mennyi idő múlva fog a henger tisztán gördülni?

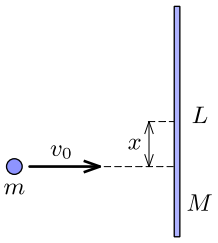
b) Mennyi mechanikai energia vész el a henger mozgása során?

Házi feladatok

H1. Az $L = 40$ cm hosszúságú, vékony pálca az asztal lapja felett $H = 80$ cm magasságból vízszintes helyzetben szabadon esik, és az egyik vége éppen az asztal sarkával ütközik. Az ütközés abszolút rugalmas és pillanatszerű. Az ütközéstől számítva mennyi idő alatt tesz meg a pálca egy teljes fordulatot? Hol lesz ekkor a pálca középpontja?



H2. Légpárnás asztalon nyugalomban lévő, $M = 2$ 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.

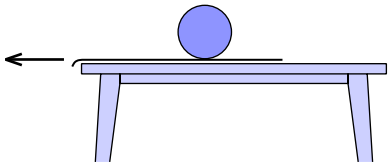


a) A rúd tömegközéppontjától mekkora x távolságban kell indítani a korongot, hogy az a rugalmas ütközés során az összes energiáját átadja a rúdnak?

b) Mekkora sebességgel mozognak a rúd végpontjai az ütközés utáni pillanatban, ha a korongot v_0 sebességgel indítottuk?

H3. Egy 20 cm hosszú, 0,05 kg tömegű vonalzó fekszik egy légpárnás asztalon. Adott pillanatban a nyugalomban levő vonalzó egyik végére 0,01 N erő hat, a vonalzó hosszára merőlegesen, vízszintes síkban. Mekkora ebben a pillanatban a másik végpont gyorsulása?

H4. Vízszintes asztallapon egy terítő, rajta pedig egy acélgolyó található. A terítőt kihúzzuk a golyó alól, eközben a golyó a súrlódási erő miatt mozgásba jön, és forogni is kezd. Mekkora lesz a sebessége az asztalon, amikor már csúszásmentesen gördül? (Az asztal elég nagy méretű, a golyó nem esik le róla.)



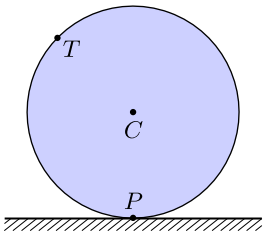
H5. Vízszintes, érdes felületen két azonos, vékony falú henger található, melyek tengelyei párhuzamosak. Az egyik henger nyugalomban van, a másik tisztán gördülve v_0 sebességgel közeledik a nyugalomban levő felé. A hengerek rugalmasan ütköznek, az ütközés alatt a hengerek közötti súrlódás elhanyagolható. A talaj és a hengerek közötti súrlódási együttható μ. Mekkora maximális távolságra távolodnak el a hengerek egymástól az ütközés után?

H6. A biliárdasztalon nyugvó biliárdgolyót az *ábrán* látható T pontban készülünk meglökni úgy, hogy a kifejtett erőlökés hatásvonala benne legyen a T támadáspont, a golyó C középpontja és az asztallal való P érintkezési pont által meghatározott síkban. Szerkesszük meg az erőlökés irányát, ha azt szeretnénk, hogy a golyó

a) a pillanatszerű indítást követő, csúszva gördülő mozgás befejeződésekor éppen megálljon;

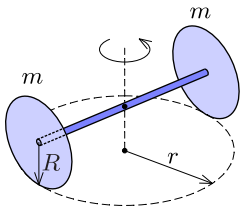
b) a pillanatszerű indítás után tisztán gördüljön (az asztal és a golyó közötti tapadási súrlódási együttható értékétől függetlenül).

(A dákó és a golyó közötti súrlódási együttható elegendően nagy.)

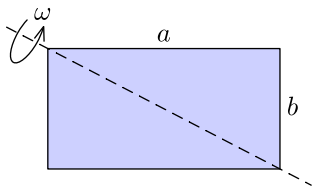


H7. Egy korong egyik esetben csak forgó mozgást végez függőleges tengelye körül, másik esetben csak haladó mozgást végez vízszintesen. A két mozgás energiája azonos. A korongot lapjával vízszintes asztalra helyezzük. Melyik esetben áll meg hamarabb? Hányszor hamarabb? (Feltételezhetjük, hogy a korong egyenletesen nyomja az asztalt.)

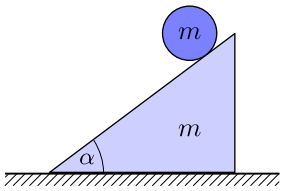
H8. Egy elhanyagolható tömegű tengely két végén egy-egy m tömegű, R sugarú, tömör, vékony korong foroghat. A rendszert vízszintes asztalra helyezzük és középpontja körül forgásba hozzuk úgy, hogy a korongok az asztalon tisztán gördüljenek. Egy-egy korong középpontja v_0 sebességgel halad az r sugarú körpályán. Mennyi a rendszer teljes mozgási energiája?



H9. Egy homogén tömegeloszlású fémlemezből kivágott téglalap tömege m, oldalainak hossza a és b ($a > b$). A lemezt ω szögsebességgel megforgatjuk az egyik átlója körül. Mekkora nagyságú forgatónyomatékot kell gyakorolnunk a lemezre, hogy ezt a forgástengelyt rögzítetten tartsuk? (A gravitációt hagyjuk figyelmen kívül!)



H10. 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!



H11 Mekkora sebességgel csapódna a földhöz egy szétnyíló kétágú létra legfelső pontja, ha nem lenne súrlódás? Tekintsük mindkét ágat L hosszúságú homogén rúdnak, melyek induláskor $2\varphi_0$ szöget zárnak be egymással!

H12. 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?