Kísérleti Fizika I.

5. gyakorlat

Pontrendszerek

Szükséges előismeretek: lendületmegmaradás törvénye, rugalmas és rugalmatlan ütközések, ütközési szám, bolygómozgás, gravitációs erő és energia, tömegpont perdülete, Kepler-törvények;

Feladatok órai munkára

F1. Egy $m_1 = 2{,}5$ kg tömegű test $v_1 = 6\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ sebességgel nekiütközik egy álló, $m_2 = 3{,}5$ kg tömegű testnek úgy, hogy az m_1 tömegű test pályájának egyenese megegyezik az ütközés előtt és után. Adjuk meg a testek ütközés utáni sebességeit, ha

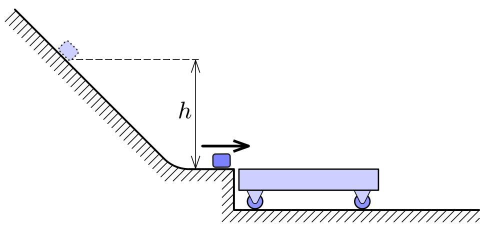
a) az ütközés tökéletesen rugalmas;

b) az ütközés tökéletesen rugalmatlan;

c) az testek ütközés utáni relatív sebességeinek és ütközés előtti relatív sebességeinek hányadosa, azaz az úgynevezett ütközési szám $k = 0.5$.

F2. Egy m_1 tömegű, pontszerű test rugalmasan ütközik egy kezdetben álló, m_2 tömegű, pontszerű testtel ($m_1 > m_2$). Legfeljebb mekkora szöggel térülhet el az 1-es test az eredeti haladási irányától?

F3. Egy m tömegű test h magasságú, vízszintesben végződő dombról csúszik le súrlódásmentesen, és rácsúszik egy M tömegű, álló kocsira. A test és a kocsi platója közötti súrlódási együttható μ.



a) Mekkora lesz a folyamat végén a kocsi és test együttes sebessége?

b) A kezdeti mechanikai energia hányad része vész el?

c) Mekkora utat tesz meg a test a kocsin?

F4. Egy rakéta mindentől távol halad úgy, hogy hajtóanyagát u relatív sebességgel lövelli ki magából. Adjuk meg a rakéta v sebességét abban a pillanatban, amikor össztömege m, ha kezdetben az össztömege m_0 volt, és nyugalomból indult!

F5. Felfedeztünk egy kettőscsillag-párt, melyben a csillagok távolsága $1{,}3 \cdot 10^{11}$ m, és időben állandó. A csillagok $T = 200$ nap periódusidővel keringenek egymás körül, a két csillag „saját" körpályájának sugara megegyezik. Mekkora a csillagok tömege? A gravitációs állandó $\gamma = 6{,}7 \cdot 10^{-11}\ \frac{\mathrm{N\ m}^2}{\mathrm{kg}^2}$.

F6.

a) Milyen magasan kering az egyenlítő felett egy geostacionárius műhold? (*geostacionárius műhold: olyan műhold, amely mindig a (forgó) Föld azonos pontja felett kering.*)

b) Az Egyenlítőn homogén anyagból építünk egy egyszerű hasáb alakú tornyot. Milyen magasra építsük, ha azt szeretnénk, hogy egyáltalán ne nyomja a talajt?

Ismert adatok: a Föld sugara $R = 6370$ km, a gravitációs gyorsulás a felszínen $g = 9{,}81\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$, a Föld tengely körüli forgásának periódusideje $T = 1$ nap. A Földet tekintsük gömbszimmetrikusnak.

F7. Egy műhold eredetileg R_0 sugarú körpályán keringett a Föld körül, keringési ideje ekkor T_0 volt. Egyszer csak hirtelen (pillanatszerűen) megnöveli a sebességét a 4/3-szorosára, miközben a sebesség iránya nem változik.

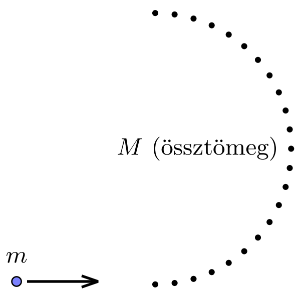
a) Milyen pályán fog mozogni a műhold?

b) Milyen messzire távolodik el maximálisan a bolygó középpontjától?

c) Mekkora lesz az új keringési ideje?

F8*. Egy szabályos hatszög csúcsaiban m tömegű, pontszerű testek nyugszanak. Hogyan mozog a rendszer, ha a testek között csak a gravitációs erő hat? Mennyi idő múlva ütköznek össze a testek? Hogyan viszonyul ez az érték ahhoz a periódusidőhöz, amivel a rendszer úgy keringhet, hogy a testek közötti távolságok nem változnak időben?

F9*. Egy légpárnás asztalon N egyforma kicsiny korong nyugszik egy félkör mentén, egymástól egyenlő távolságra. A korongok össztömege M. A félkör átmérőjére merőlegesen egy másik, m tömegű korongocskát szeretnénk indítani úgy, hogy az mind az N korongon tökéletesen rugalmasan végigpattogva végül az eredeti haladási irányával ellentétes irányban távozzon. (A súrlódás mindenhol elhanyagolható.)

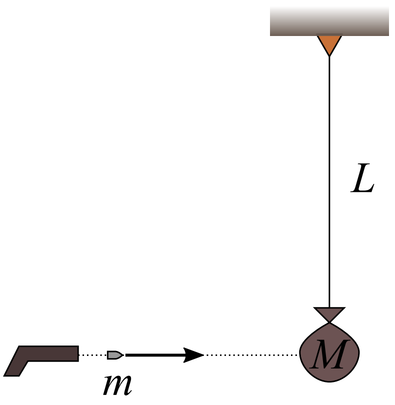


a) Az $N \to \infty$ határesetben legalább mekkorának kell lennie az M/m tömegaránynak ahhoz, hogy tervünk sikerüljön?

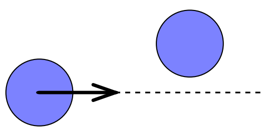
b) Az *a*) kérdésben kapott kritikus tömegarány esetén mekkora az m tömegű korong végső és kezdeti sebességének aránya?

"kisZH" Házi feladatok

H1. Egy fegyverből kilőtt lövedék sebességét könnyen meghatározhatjuk egy úgynevezett ballisztikus inga segítségével. Az ingatest esetünkben egy $M = 10$ kg tömegű zsák, melyet $L = 2$ m hosszúságú könnyű kötél végére kötöttünk, majd a kötél másik végét a plafonhoz rögzítettük. Az általunk vizsgált fegyver lövedéke $m = 30$ g tömegű. Vízszintes irányban belelőve a zsákba annak maximális kitérése $\alpha_{\max} = 50°$. Mekkora a lövedék kezdeti sebessége? (*A lövedék megáll a zsák belsejében, a zsák kiterjedése lényegesen kisebb* L*-nél.*)



H2. Súrlódásmentes asztalon nyugszik egy érme. Egy másik, azonos tömegű érmét nekilökünk az álló érmének az *ábrán* látható „nem szimmetrikus" módon. A két érme tökéletesen rugalmasan ütközik.

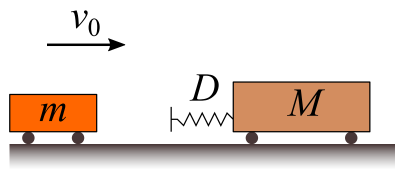


a) Adjuk meg az érmék ütközés előtti sebességvektorait a tömegközépponti rendszerben!

b) Mekkora az érmék ütközés utáni sebessége a tömegközépponti rendszerben?

c) Térjünk vissza az asztalhoz rögzített vonatkoztatási rendszerbe. Mutassuk meg, hogy a két érme ütközés utáni sebességvektora mindig merőleges egymásra!

H3. Rugalmas ütközések demonstrálására a következő kísérletet találtuk ki. Egy $m = 1$ kg tömegű kiskocsit egy $M = 3$ kg tömegű kiskocsinak lökünk. Utóbbira egy könnyű, $D = 100$ N/m rugóállandójú rugót rögzítettünk, ahogy az *ábrán* is látható. A kisebb tömegű kiskocsit $v_0 = 2$ m/s sebességgel nekilökjük a nagyobb tömegű kocsinak.

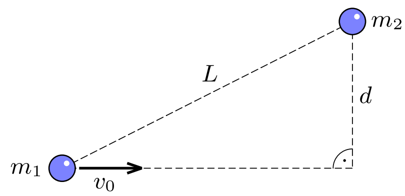


a) Mekkora sebességgel mozognak a kiskocsik, amikor a közöttük lévő távolság a legkisebb?

b) Mekkora ebben a pillanatban a rugó Δs összenyomódása?

NagyZH pluszpontért beadható házi feladat

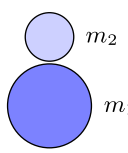
B1. Az *ábrán* látható két, pontszerű test között csak a tömegvonzás hat. Az m_2 tömegű test nyugalomban van. Mekkora v_0 kezdősebességgel indítsuk el az m_1 tömegű testet, hogy a két test közötti legkisebb távolság h legyen? ($h < d$)



Feladatok további gyakorlásra

Gy1. Egy 1 kg tömegű, $\boldsymbol{v}_1 = 3\,\boldsymbol{i} - 2\,\boldsymbol{j}$ sebességgel mozgó tömegpont tökéletesen rugalmatlanul ütközik egy 2 kg tömegű, $\boldsymbol{v}_2 = 4\,\boldsymbol{j} - 6\,\boldsymbol{k}$ sebességű másik tömegponttal. (Itt $\boldsymbol{i}$, $\boldsymbol{j}$, $\boldsymbol{k}$ a szokásos, x, y és z irányú egységvektorokat jelölik, a szorzótényezők pedig m/s-ban vannak megadva.) Adjuk meg az ütközés után az összetapadt tömegpontok sebességvektorát és annak nagyságát!

Gy2. Egy m_1 és m_2 tömegű rugalmas labdát egymás fölé helyezünk (a labdák között kicsiny rést hagyva), majd h magasságból elengedjük őket. (Feltehetjük, hogy h sokkal nagyobb a labdák átmérőjénél.)



a) Milyen tömegarány esetén jut a rendelkezésre álló energiából a legtöbb a felső labdának?

b) Legfeljebb milyen magasra repülhet a felső labda?

Gy3.* Egy bolygóközi pályán mozgó űrszonda, pályájának bizonyos részén, egy ott elhelyezkedő kozmikus „porfelhőn" haladt át. Mindazon porszemcsék, amelyeknek nekiütközött, ráragadtak a szondára. Mire a szonda kiért a porfelhőből, tömege 2%-kal megnőtt. Hány százalékkal nőtt meg a porfelhőn való áthaladás ideje ahhoz képest, amennyi idő alatt a porfelhő fékező hatása nélkül tette volna meg a szonda ugyanezt az utat?

(A porfelhőt állandó sűrűségű, határozott szélű objektumnak tekinthetjük.)

Gy4.* Mozoghat-e három különböző tömegű pontszerű test egymás gravitációs terében úgy, hogy bármely kettő közötti távolság megegyezik és a mozgás során állandó marad? Mekkora szögsebességgel forog ez a rendszer?

Gy5. Egy kettőscsillag keringési ideje 2 év, a két csillag távolsága 300 millió km, és az egyik csillag tömege a Nap tömegével egyenlő. Mekkora a másik csillag tömege?

Gy6.* Közvetlenül egymás mellé felfüggesztett két egyforma golyó az *ábra* síkjában lenghet ℓ hosszúságú fonálon. Az egyik golyót d távolságra kimozdítjuk és elengedjük ($d \ll \ell$, azaz a kitérés kicsi, tehát a lengésidő nem függ az amplitudótól). A golyók rugalmatlanul (de nem tökéletesen rugalmatlanul) ütköznek, sebességük a tömegközépponti rendszerben minden ütközéskor k-szorosára csökken ($0 < k < 1$ az ütközési szám). Hogyan mozognak a golyók? Mekkora lesz a lengések amplitudója sok ütközés után?

Megjegyzés: $d \ll \ell$, *azaz a kitérés kicsi, tehát a lengésidő nem függ az amplitudótól. Az ütközések ezért mindig a legalsó helyzetben történnek.*