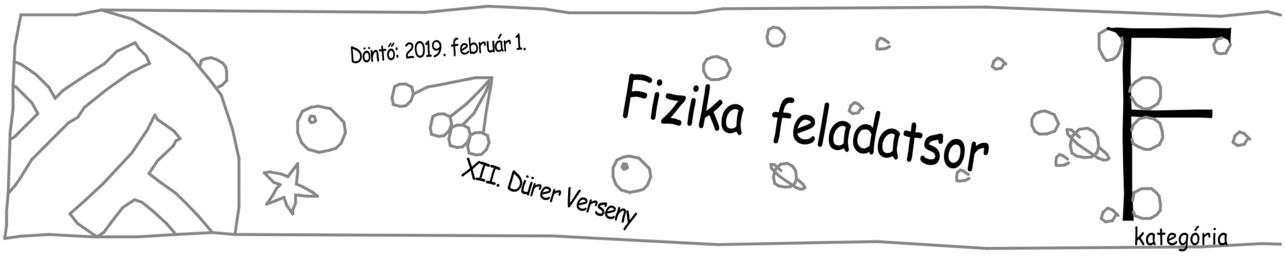


Figyelem! *A teljes pontszám eléréséhez nem elegendő a megoldások számszerű közlése, levezetés és a logikai lépések szöveges indoklása is szükséges (pl. „Newton III. törvénye alapján...”)!*

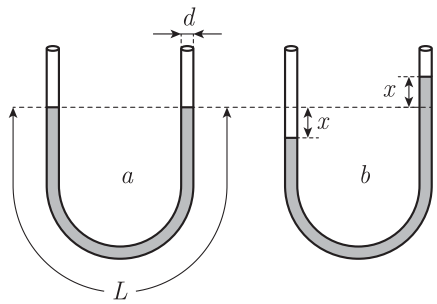
1. feladat

Az ábrán látható, d belső átmérőjű, „U” alakú csőbe vizet töltöttünk. A víz hossza a csőben L. A folyadék a csőben ellenállás nélkül tud áramlani, kezdetben az a) ábra szerint nyugalomban van.

(a) A b) ábra szerint a folyadékoszlopokat kis x távolsággal eltérítjük az egyensúlyi állapottól, majd a rendszert magára hagyjuk. Ekkor a vízoszlop periodikus mozgásba kezd. Mennyi a körfrekvencia? ($\omega_0 = ?$)

(b) Ha a kezdeti a) állapotot vízszintesen, balra állandó a gyorsulással gyorsítjuk, akkor a b) ábrához hasonló lesz az egyensúlyi állapot. Mennyi ebben az egyensúlyi állapotban a kitérés (x) értéke, ha $a = 0{,}2\ g$ és az „U” szárainak távolsága $s = 20$ cm? ($x_a =?$)

(c) Mennyi lesz az előbbi, gyorsuló rendszerben az egyensúlyi állapot körüli kis rezgések körfrekvenciája? ($\omega_a =?$)



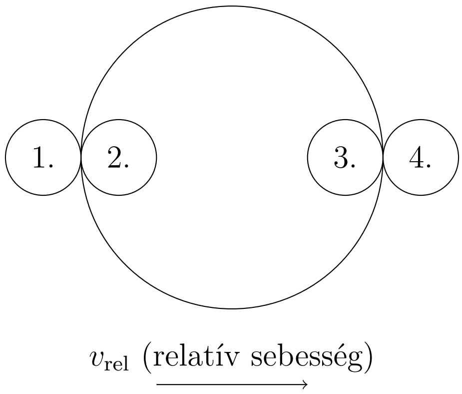
2. feladat

Kettőscsillagoknak nevezzük a közös tömegközéppont körül keringő csillagokat (jelen esetben csak kettő csillagról beszélünk, a valóságban lehet több is). A fényesebb csillagot hívjuk fő-, a halványabbat mellékkomponensnek. Azok a kettőscsillagok, melyek keringési pályasíkja párhuzamos rálátásunk irányára, időnként eltakarják egymást. Ezt egyszerű észlelni, hiszen a két csillag együttes látszólagos fénye elhalványul, és a rendszer sok paraméterét megismerhetjük egyszerű módszerekkel is.

Vegyünk egy ilyen esetet! Tegyük fel, hogy a csillagok körpályán keringenek a közös tömegközéppont körül, és a fedésük centrális (azaz a két csillag középpontja látszólag áthalad egymáson). Kontaktoknak hívjuk azokat az időpillanatokat, amikor a két csillag korongja látszólag érintkezik. Az 1. és 4. kontakt az első és az utolsó külső, míg a 2. és 3. kontakt az első és utolsó belső érintést jelenti (ld. *ábra*).

A keringés periódusa $P = 30$ nap. Az első és a negyedik kontakt közt eltelt idő $t_{1-4} = 8^h0^m$, a második és harmadik kontakt közt eltelt idő $t_{2-3} = 1^h18^m$. Spektroszkópiai mérések alapján tudjuk, hogy a főkomponens maximális radiális (látóirányú) sebessége $v_{f,\max} = 30$ km/s, a mellékkomponensé $v_{m,\max} = 40$ km/s.

Segítség: vegyük észre, hogy a fedés időtartama jóval kisebb, mint a keringési periódus, így nem kell foglalkoznunk a pálya görbületével a fedés során.



Ábra: A fedés oldalnézetből, ahogy rálátunk. A számozás a kontakt sorszámát mutatja.

(a) Mekkora az egyes komponeneseknek a tömegközépponttól vett távolsága, azaz pályasugara?

(b) Mekkora az egyes komponensek tömege?

(c) Mekkora az egyes komponensek sugara?

3. feladat

A termodinamikában fontos szerepük van az úgynevezett mérhető mennyiségeknek, ezek által kaphatunk kísérleti úton képet egy rendszer makroszkopikus állapotáról. Ezek egyike a *kompresszibilitás*, amely megadja, hogy mekkora egy rendszer relatív térfogatváltozása egységnyi nyomásváltozás hatására. Matematikailag megfogalmazva:

$$\beta = -\frac{1}{V}\frac{\Delta V}{\Delta p} \,.$$

A kompresszibilitás természetesen függhet a rendszer aktuális állapotától, illetve az azon végrehajtott folyamattól. Vizsgáljunk az egyszerűség kedvéért f szabadsági fokú, ideális gázt!

(a) Számítsuk ki a kompresszibilitást izoterm illetve adiabatikus folyamat esetén!

Gázokban longitudinális hullámok (pl. hang) terjedési sebessége függ a kompresszibilitástól, illetve a gáz átlagos ϱ sűrűségétől:

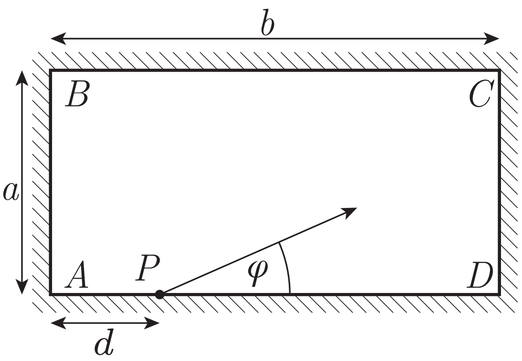
$$c = \frac{1}{\sqrt{\beta\varrho}} \,.$$

(b) Az *előző feladatrészben* kiszámoltak alapján adjunk választ a következő kérdésre: a levegőben vajon a magas vagy mély hangok terjednek gyorsabban? (Indoklás is szükséges!)

Segítség: $\Delta(ab) = b \cdot \Delta a + a \cdot \Delta b$

4. feladat

Egy $ABCD$ téglalap keresztmetszetű doboz falai belülről tükröző felületek. Az AD oldalon, az A csúcstól d távolságra lévő P pontból egy lézersugarat indítunk a téglalap síkjába eső irányban, a PD szakasszal φ szöget bezárva ($0° < \varphi < 90°$).



(a) Milyen φ szögek esetén ér vissza lézersugár a P pontba?

(b) Hogyan módosul az eredmény, ha $\frac{a}{d}$ és $\frac{b}{d}$ racionális számok?

(c) Legyen $\varphi = 45°$, $a = 38$, $b = 56$, $d = 1$. Hányszor verődik vissza a sugár az egyes falakról mire visszaér P-be?

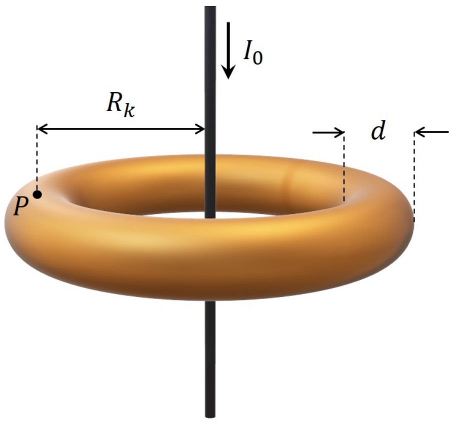
5. feladat

Elsőfajú szupravezetőknek nevezzük azon tiszta fémeket, amelyek egy adott kritikus hőmérséklet alá hűtve elvesztik elektromos ellenállásukat és kiszorítják magukból a mágneses teret (ez utóbbit *Meißner-Ochsenfeld-effektus*nak hívják). Ez a szupravezető felületén megjelenő áramok árnyékoló hatásából adódik. Konkrét számításokkal igazolható, hogy az áramsűrűség az anyag belseje felé haladva exponenciálisan csökken. A csökkenés λ karakterisztikus távolsága jellemzően jóval kisebb a rendszer méreteinél, így a megfelelő esetekben tekinthetjük az áramokat a felület mentén mozgó töltéshordozók összességének. A következőkben alkalmazzuk ezt a közelítést!

Az, hogy a mágneses tér a szupravezető belsejében nulla, fontos következményt von maga után a határfelületre vonatkozóan.

(a) Bizonyítsuk be, hogy a mágneses indukcióvektor a szupravezető felületén azzal párhuzamos!

Vizsgáljunk ezek után egy konkrét elrendezést! Egy hosszú, egyenes vezetékkel koaxiálisan elhelyezünk egy R_k középkörű, d vastagságú szupravezető tóruszt. A vezetékben egyenletes, I_0 erősségű áramot keltünk.



(b) Mekkora és milyen irányú I felületi áram alakul ki ennek hatására a tóruszban?

(c) Számítsuk ki a $\boldsymbol{B}$ mágneses indukcióvektort az *ábrán* jelölt P pontban, épphogy a tórusz felületén kívül!

Segítség: A feladat megoldásához célszerű felhasználni Gauss mágneses törvényét és az Ampère-féle gerjesztési törvényt, más néven Maxwell III. és IV. törvényét! Ezek általános alakja a Négyjegyű függvénytáblázatban megtalálható.

Használható segédeszközök: író- és rajzolóeszközök, számológép, függvénytáblázat.
A feladatok megoldására 180 perc áll a csapatok rendelkezésére.
Sikeres versenyzést kívánnak:

a szervezők