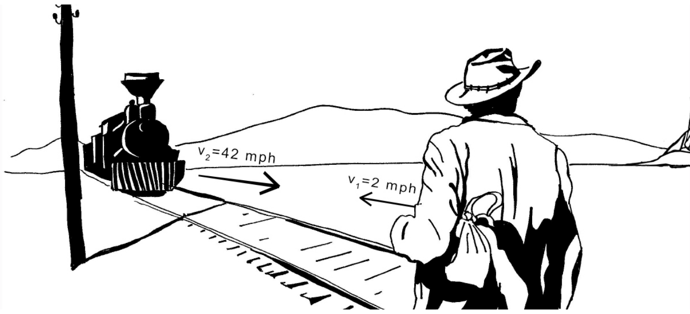
XIV. DÜRER VERSENY

FIZIKA

feladatsor

Döntő:
2021. május 21.



F+ kategória

10-12.
osztályosok

__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...”)! Az online fordulóra való tekintettel internet is használható, azonban a felhasznált forrásokra a megoldás során hivatkozni kell!

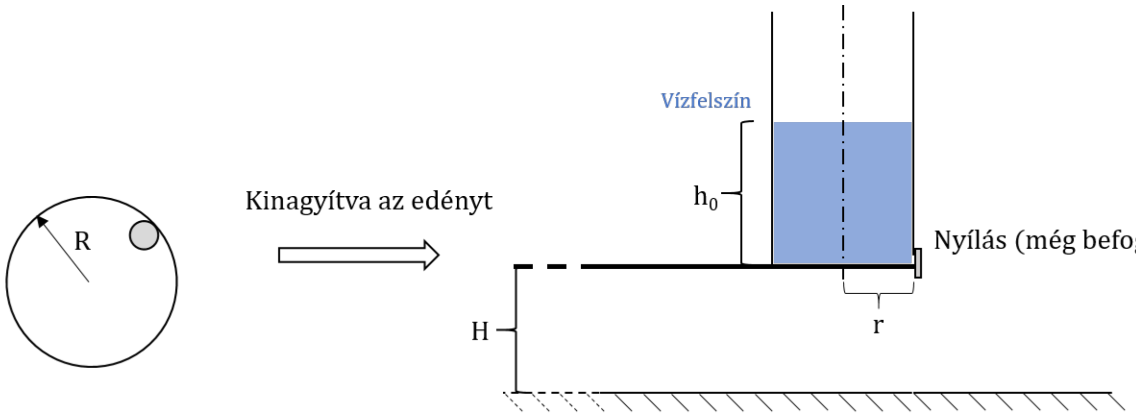
1. Feladat

Egy vidámparkban található $R = 5$ m sugarú körhintán szeretnénk két kísérletet elvégezni. Mindkét esetben az álló körhinta szélére, a talajtól $H = 50$ cm-re rögzítünk egy $r = 10$ cm sugarú edényt. Ennek oldalfalán, az aljához igen közel, egy kicsiny nyílás van, mely sugárirányban kifelé néz, az *ábrán* látható módon. A nyílást befogva $h_0 = 20$ cm magasságig vízzel töltjük meg az edényt. Ezután kezdetét veszi a kísérlet.

(a) Az első esetben álló körhintán végezzük el a kísérletet. Az edényen lévő lyukat pillanatszerűen szabaddá tesszük. A körhinta középpontjától milyen távolságban éri el a talajt a vízsugár?

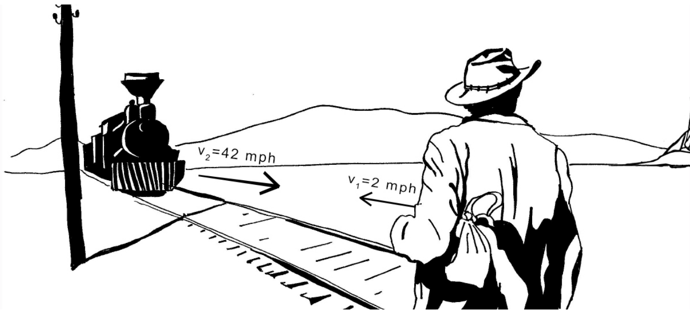
(b) A második esetben az edény megtöltése után a nyílást még mindig befogva elindul a körhinta. Miután a körhinta felvette állandó $\omega = 1\ \mathrm{s}^{-1}$ szögsebességét, és az edényben kialakul az állandósult vízfelszín, a nyílást ismét pillanatszerűen szabaddá tesszük. A körhinta középpontjától mekkora távolságban ér talajt ez esetben a vízsugár?

Útmutatás: A megoldás során feltételezhetjük, hogy az edény elég magas, így nem folyik ki a tetején víz, illetve, hogy az edény méretei a körhinta méreteihez képest elhanyagolhatók. A víz belső súrlódásától tekintsünk el.



Elrendezés felülnézete

Az edény megtöltés utáni állapota

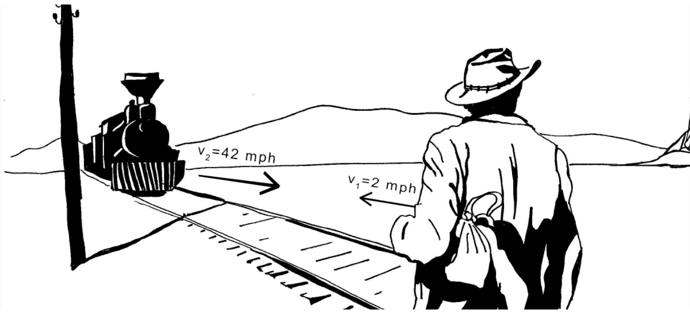


2. Feladat

Ebben a feladatban egy gerenda nyugvó vízfelszínen való úszását vizsgáljuk. A gerendát modellezhetjük egy homogén tömegeloszlású, víznél kisebb sűrűségű szabályos téglatesttel. A téglatest élhosszai közül kettő azonos, a harmadik pedig azoknál jóval hosszabb.

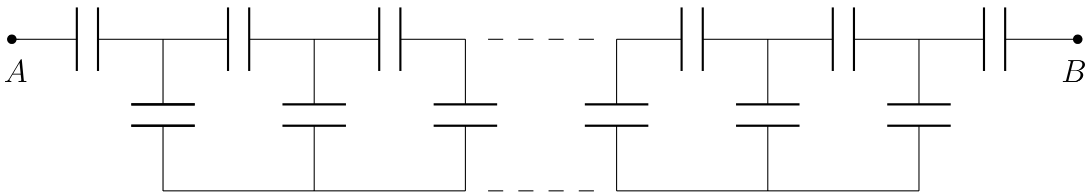
A kérdés, hogy vajon milyen orientációba fog beállni a gerenda; avagy, fizikailag megfogalmazva, melyek lesznek stabil egyensúlyi helyzetei? Mivel ez egy hosszúkás téglatest, ezért hossztengelye párhuzamos lesz a vízfelszínnel. Emiatt elegendő azt vizsgálni, hogy a gerenda négyzet alakú keresztmetszete milyen helyzetbe áll be.

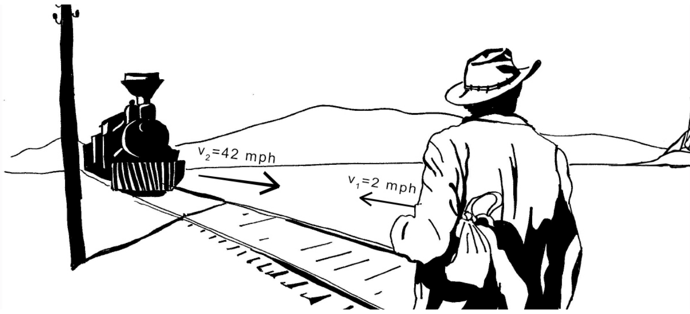
Elképzelhető például, hogy a négyzet két szemközti oldala a vízfelszínnel párhuzamosan, másik két oldala arra merőlegesen fog elhelyezkedni. Ez azonban csak akkor fordulhat elő, ha a gerenda sűrűsége megfelelő intervallumokba esik. Határozzuk meg, hogy milyen sűrűségviszonyok mellett alakulhat ki a fent leírt stabil helyzet!



3. Feladat

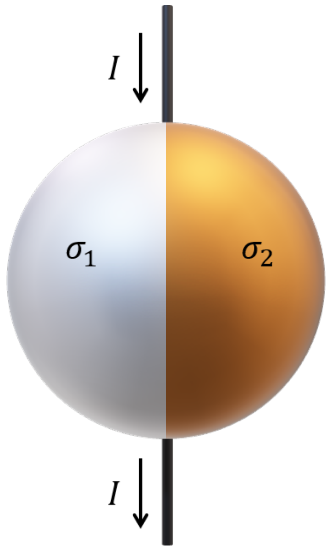
Az alábbi *ábrán* látható végtelen kapcsolás azonos, C kapacitású kondenzátorokból áll. Mekkora az A és B kivezetések között mérhető kapacitás?





4. Feladat

Egy σ_1 és egy σ_2 fajlagos vezetőképességű, r sugarú, $\delta \ll r$ vastagságú félgömbhéjat összehegesztünk az *ábrán* látható módon. Ezt követően az illesztés mentén húzódó főkör két átellenes pontjához egy-egy vezetéket csatlakoztatunk. Az áramkörre valamekkora stacionárius feszültséget kapcsolunk, melynek hatására a vezetékekben I áram indul meg. A feszültségforrás a berendezéstől kellően messze van, és a vezetékek igen hosszúak, tekinthetőek félegyeneseknek.

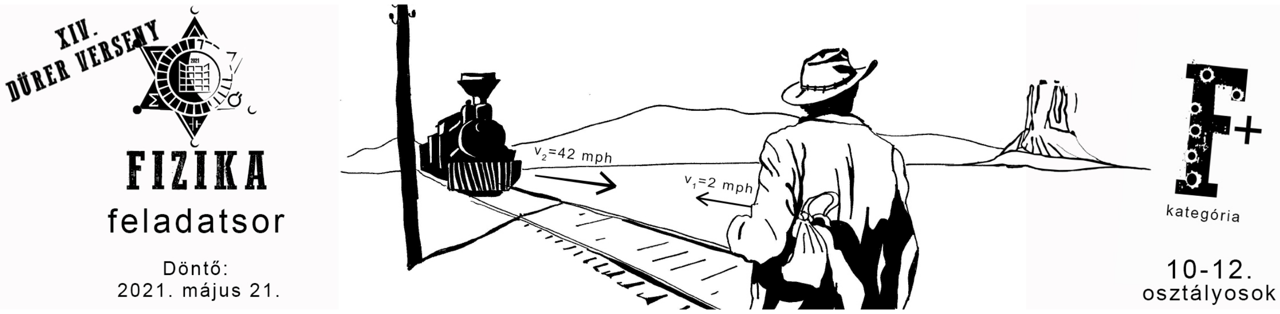


(a) Mutassuk meg, hogy az áram főkörök mentén folyik!

(b) Mekkora áram folyik a σ_1 illetve a σ_2 fajlagos vezetőképességű félgömbben?

(c) Mekkora és milyen irányú a $\boldsymbol{B}$ mágneses indukcióvektor a gömb középpontjában?

Útmutatás: A rendszer töltéshordozói közti kölcsönhatást (pl. a bal oldali félgömb töltéshordozói által keltett mágneses mezőnek a jobb oldali félgömb töltéshordozóira gyakorolt hatását) a megoldás során tekintsük elhanyagolhatónak!



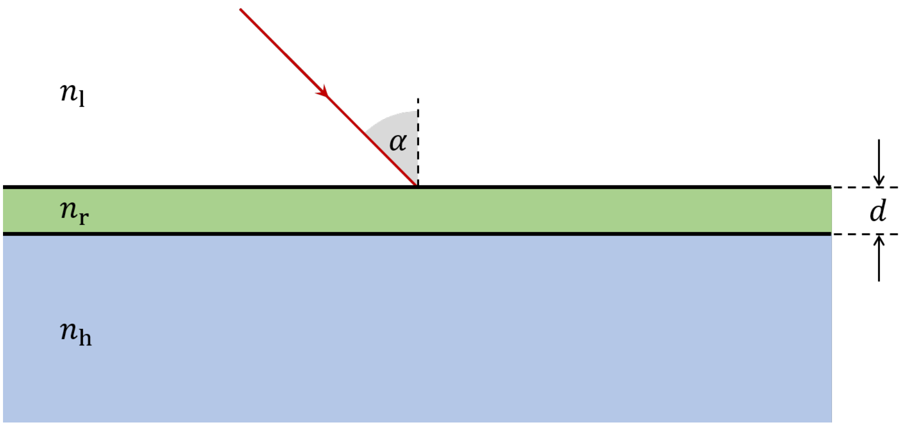
5. Feladat

Optikai tanulmányaink során gyakran foglalkozunk a fény közeghatáron való megtörésével vagy visszaverődésével. Az egyszerűbb középiskolai feladatok kapcsán azonban gyakran azzal a feltételezéssel élünk, hogy az említett mechanizmusok közül csak az egyik valósul meg. Ez általában nem igaz, reális esetekben a beeső fénysugár egy része megtörik, egy része visszaverődik. A jelenség pontos leírásához a klasszikus elektrodinamika mélyebb ismerete szükséges, mégis az eredmények a geometriai optika keretén belül is alkalmazhatóak.

Tekintsünk például egy egyszerű elrendezést, amelyben egy n_1 és egy n_2 törésmutatójú közeget sík határfelület választ el. Az n_1 törésmutatójú oldalról egy fénysugár érkezik, amely ún. *transzverzális elektromos polarizáltságú*, vagyis elektromos mezeje a tér minden pontjában párhuzamos a határfelülettel. Ekkor a fény közeghatár mentén való viselkedése jellemezhető azzal, hogy a visszaverődött illetve megtört fénysugarak amplitúdója hányszorosa a bejövő fénysugár amplitúdójának: ezen arányszámok tipikus jelölése rendre r és t. Ezek kifejezhetőek a fénysugár α_1 beesési és α_2 törési szögével, illetve a törésmutatókkal:

$$r = \frac{n_1 \cos\alpha_1 - n_2 \cos\alpha_2}{n_1 \cos\alpha_1 + n_2 \cos\alpha_2}\,, \qquad t = \frac{2n_1 \cos\alpha_1}{n_1 \cos\alpha_1 + n_2 \cos\alpha_2}\,.$$

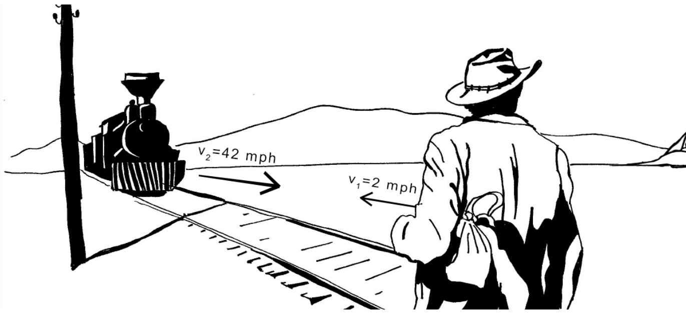
Láthatóan r és t negatív is lehet, ez fizikailag π fázisugrásnak felel meg. Természetesen a fenti gondolatkísérletet elvégezhetnénk *transzverzális mágneses polarizáltságú* fénnyel is, ekkor kissé eltérő összefüggéseket kapnánk. Ezek együtt a *Fresnel-formulák*, amelyek minden közeghatáron érvényesek.



A következőkben vizsgáljuk meg a Fresnel-formulák egy fontos alkalmazását. Egy n_h törésmutatójú hordozó anyag felületét síkra csiszoljuk, azt egy d vastagságú és n_r törésmutatójú vékonyréteggel vonjuk be, majd a rendszert n_l törésmutatójú levegőbe helyezzük az *ábrán* látható módon. A rendszerre egy λ hullámhosszú, egységnyi intenzitású, transzverzális elektromos polarizáltságú fénysugarat bocsátunk α beesési szögben. Mekkora a teljes visszaverődő fénynyaláb R intenzitása, amennyiben

(a) $n_\mathrm{l} = 1$, $n_\mathrm{r} = 2$, $n_\mathrm{h} = 3$, $\alpha = 0°$, $d = \lambda/4$?

(b) $n_\mathrm{l} = 1$, $n_\mathrm{r} = \sqrt{3}$, $n_\mathrm{h} = \sqrt{3/2}$, $\alpha = 60°$, $d = \lambda/16$?



Megfelelő paraméterválasztás mellett elérhető, hogy a visszaverődő nyaláb intenzitása zérus legyen. Ezt az effektust használják a gyakorlatban például szemüvegek esetében: ilyenkor a hordozó maga a lencse, amelynek külső felére helyezett vékonyréteget szokás *reflexiómentes bevonatnak* nevezni.

(c) Legyen $n_\mathrm{l} = 1$, $n_\mathrm{r} = 2$, $n_\mathrm{h} = 4$, $\alpha = 0$ és $d = \lambda/8$. Mutassuk meg, hogy ilyen paraméterek mellett a vékonyréteg reflexiómentes bevonatként funkcionál, vagyis ekkor $R = 0$!

Útmutatás: Fényhullámok intenzitását az amplitúdó négyzeteként kaphatjuk meg.

A feladatok megoldására 210 perc áll a csapatok rendelkezésére.
Sikeres versenyzést kívánnak:

a szervezők