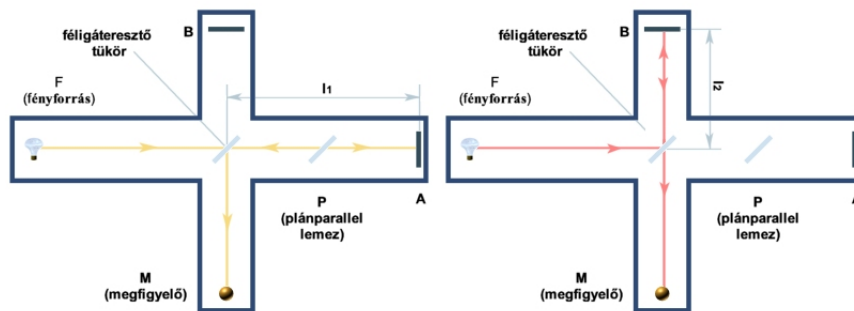


## Olimpiai előkészítő szakkör

(Budapest, 2024. szeptember 30.)

### Régi feladatok

- R.5. Vízpisztolyozó koboldok.** A gonosz koboldok a vízszintes talaj felszínéről vízpisztollyal lövik a pillangókat. A vízpisztolyból  $v$  sebességgel lövell ki a vízszög. Hol vannak biztonságban a pillangók?
- R.6. Michelson-interferométer éterben.** A XIX. században a fizikusok nagy része úgy képzelte, hogy a világmindenséget egy érzékelhetetlen, abszolút nyugalomban levő szubsztancia, a „világéter” tölti ki, és a fény a világéterhez képest halad bármilyen irányban állandó  $c$  sebességgel. Albert Abraham Michelson először 1881-ben, majd Edward W. Moorley-val együtt 1887-ben tett (eredménytelen) kísérletet a világéter kimutatására. A kísérletben az erre a célra kifejlesztett Michelson-interferométerrel szerették volna kimutatni a Föld mozgását az éterhez képest.



A Michelson-interferométerben interferáló két fényút.

A Michelson-interferométerben a fény egy nyalábosztóra (féligáteresztő tükörre) vetül, ami az interferométer két egymásra merőleges karjába küldi a fényt. A karok végén egy-egy tükör van ( $A$  és  $B$ ), innen a fény visszaverődik, a nyalábosztón keresztül újra egyesül a két nyaláb, és interferenciaképet hoz létre. Az interferenciakép függ attól, hogy milyen irányban és mekkora sebességgel mozog az interferométer az éterhez képest.

Legyen az interferométer két karjának hossza  $l_1$  és  $l_2$ ! Határozzuk meg a két fényút közötti útkülönbséget, ha az interferométer az éterhez képest  $v$  sebességgel mozog  $a)$  az  $l_1$  kar irányában;  $b)$  az  $l_2$  kar irányában!

Látható, hogy a két útkülönbség eltér, tehát ha a Föld (és vele együtt az interferométer) mozogna az éterhez képest, akkor az interferométer elforgatásakor az interferenciakép megváltozna. A kísérlet során azonban az interferenciakép nem változott meg, ezzel megcáfolva az éter-hipotézist.

### Új feladatok

- 1. Üldözés.** Egyenes tengerparton a partra merőlegesen indul el, és állandó  $v$  sebességgel halad a csempészek hajója. A parti őrség naszádjá kezdetben  $d$  távolságra van a csempészektól, és ugyanakkor indul el a parttól, mint azok. Az őrszád állandó nagyságú sebességgel mindig a csempészek felé halad, és a parttól éppen  $d$  távolságra éri utol a bűnözőket.  
Hányszor nagyobb a parti őrség naszádjának sebessége, mint a csempészeké?
- 2. Kutyakaland.** Egy kutya gazdája a partra merőlegesen  $d = 5$  méterre bedob egy labdát a folyóba. Amikor a labda a vízbe pottyan, a kutya a vízbe veti magát, elúszik a labdáig, majd azzal visszatér a partra álló gazdihoz. A víz sebessége mindenhol  $c = 0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ , a kutya a vízhez képest  $v = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  sebességgel tud úszni.

- (a) Mennyi idő alatt ér vissza a kutya a gazdájához, ha úgy úszik, hogy a vízhez viszonyított sebessége a labda eléréséig állandóan a labda felé, utána pedig a gazdája felé mutat?
- (b) A kutya rövidebb idő alatt is vissza tudja hozni a labdát a gazdájához, ha sebességének irányát nem ösztönösen, hanem „megfontoltabban” választja meg. Mennyi ideig tartózkodik a vízben a kutya, és milyen pályán mozog a gazdája szerint, ha a „legügyesebb” (vagyis a leggyorsabb) stratégiát választja?

**3. Doppler-effektus.** Egy hullámforrás  $f_0$  frekvenciájú jelet bocsát ki, amit egy detektor észlel. Közismert, hogy ha a hullámforrás és/vagy a detektor mozog, akkor az észlelt jel  $f$  frekvenciája általában eltér a kibocsátott frekvenciától; ezt a jelenséget *Doppler-effektusnak* nevezzük.

Alapvetően két esetet különböztethetünk meg; az egyik esetben a hullám valamilyen közegben terjed (például hanghullám), míg a másik esetben elektromágneses hullámról van szó, melynek terjedéséhez nincs szükség közegre. Mindkét esetben fellép a Doppler-jelenség, de más matematikai formulák írják le a frekvencia-eltolódást. Az első esetben a forrásnak és a detektornak a hullámot vivő közeghez képesti sebessége számít, és a klasszikus kinematika egyenleteit használhatjuk a jelenség leírására. Elektromágneses hullámok esetén nincs hordozó közeg, csak a forrás és a detektor relatív sebessége jelenik meg a leírásban, és a relativisztikus kinematika egyenleteit kell használni. Mi ebben a feladatban az első esettel foglalkozunk.

Tegyük föl, hogy egy közegben valamely hullám  $c$  sebességgel izotróp módon terjed, és egy (a közeghez képest)  $v_f$  sebességgel haladó forrás  $f_0$  frekvenciájú jelet bocsát ki, amit (ugyancsak a közeghez képest)  $v_d$  sebességgel haladó detektor  $f$  frekvenciájúnak észlel. Tegyük föl továbbá, hogy a forrás és a detektor mindvégig ugyanazon egyenes mentén mozognak!

Ábrázoljuk az idő függvényében a forrás, a detektor és a hullámfrontok pozícióját! Határozzuk meg a  $f$  észlelt frekvenciát a kibocsátott  $f_0$  frekvencia valamint a  $v_f$ ,  $v_d$  sebességek függvényében! Diskutáljuk a kapott eredményt!

**4. Hajítási parabola.** Homogén nehézségi erőterben, elhanyagolható közegellenállás mellett adott pontból  $v_0$  kezdősebességgel elhajított tárgy parabolapályán mozog.

- (a) Határozzuk meg a parabola fókuszának távolságát a hajítás kezdőpontjától!
- (b) Milyen hajítási szög mellett van a fókuszpont azonos magasságban a hajítás kezdőpontjával?
- (c) Hol helyezkedik el a parabola vezéregyenese?

**5. Aranyásók.** Alaszkai aranyásók népes csoportja egy széles folyóhoz érkezik, ami  $u$  sebességgel egyenletesen folyik. A tulsó parton, éppen szemben, egy hatalmas aranyrögöt pillantanak meg. Amelyikük először ér oda, az kapja meg a bányaművelés jogát. Milyen útvonalat válasszon Joe, ha ugyanakkora  $v$  sebességgel tud evezni a vízen, mint gyalogolni a szárazföldön? Diskutáljuk az eredményt a  $\lambda = v/u$  arány lehetséges értékei szerint!