



### III. Între cer și Pământ, sau ...invers

#### III.A. Raze de lumină

(4,5 puncte)

Într-o seară, când Soarele se apropia de apus, Sherlock Holmes și doctorul Watson se plimbau pe Backer street în Londra. La un moment dat, de pe o staradă laterală, a țâșnit, în automobilul său, fără să frâneze, profesorul Moriarti care, pentru a se înscrie pe Backer street, a virat spre dreapta pe un arc de cerc. Intrigat, doctorul Watson îi spuse detectivului că acest profesor este un maniac al vitezei și că a depășit viteza maxim permisă, de  $20 \text{ mile/oră}$ . De aceea, ar trebui să fie anunțat sergentul de stradă pentru a-l amenda pe contravenient. Detectivul stătu puțin pe gânduri și îl asigură pe doctorul Watson că totul este în regulă, viteza maximă admisă nefiind depășită de profesor. Argumentul său a fost acela că, imediat după începerea virajului, pata de lumină datorată reflexiei luminii solare pe geamul lateral al automobilului a rămas nemișcată, câteva clipe, pe stâlpul felinarului din colțul străzii, aflat la o distanță de 10 picioare față de automobil. Precizează, din punct de vedere fizic, cum a raționat detectivul și cât a fost viteza cu care s-a luat virajul? Se știe că  $1 \text{ milă} \cong 1600 \text{ metri}$  și că  $1 \text{ picior} \cong 0,3 \text{ metri}$ . Pentru unghiuri mici folosește aproximația de ordinul întâi a funcțiilor trigonometrice pe care le utilizezi.

#### III.B. Și unde radio

(4,5 puncte)

Un receptor radio de unde scurte primește simultan două semnale provenind de la același emițător situat la o distanță  $D = 500 \text{ km}$ . Unul dintre semnale se propagă orizontal, la nivelul suprafeței terestre iar celălalt, ajunge la receptor în urma reflexiei pe un strat ionosferic orizontal situat la înălțimea  $H = 200 \text{ km}$ . Când frecvența emițătorului este  $\nu = 10^7 \text{ Hz}$  se constată că intensitatea totală a semnalului detectat de radioreceptor variază de la valoarea maximă la cea minimă și înapoi la cea maximă de 8 ori pe minut. Cu ce viteză verticală se mișcă lent stratul ionosferic? Presupune că reflexia este perfectă, că Pământul este plat (fără dealuri și munți între emițător și receptor) și că nu există perturbații atmosferice.

*Notă: Se acordă un punct din oficiu.*

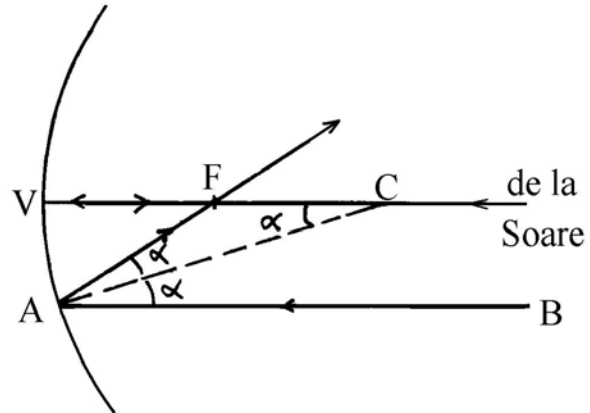
*Subiect propus de profesor universitar dr. Florea S.ULIU, Universitatea din Craiova*

**III. Între cer și Pământ, sau ...invers**

**III.A. Raze de lumină**

(4,5 puncte)

În timpul virajului geamul lateral se comportă ca o oglindă cilindrică. În intervalul de timp  $\Delta t$  mașina a parcurs arcul de cerc VA, cu centrul în C. Stâlpul este în poziția F (la jumătatea distanței CV, după cum vom argumenta mai jos). Fasciculul luminos paralel, ce vine de la Soare de direcția CV, se reflectă pe același drum, de la V spre F. Mai târziu, raza BA (paralelă cu CV) se reflectă și cade tot pe stâlpul F. Pe desen avem trei unghiuri egale cu  $\alpha$  astfel că  $|FC|=|FA|$  și  $|AC|=2|CF|\cos\alpha=2(r-|VF|)\cos\alpha$  cu  $|AC|=r$ . Unghiul  $\alpha$  fiind foarte mic, putem aproxima  $\cos\alpha \approx 1$  și astfel rezultă

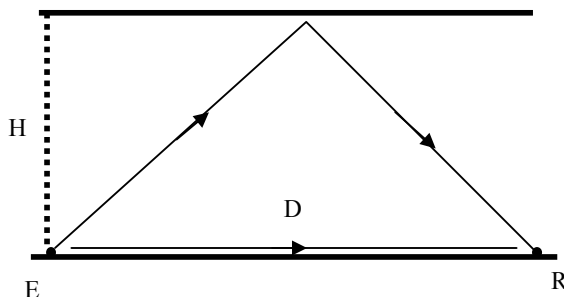


$r-|VF| \approx \frac{r}{2}$ , adică  $|VF| \approx \frac{r}{2}$ ,  $r = 2|VF| = 2 \cdot 10 = 20$  picioare (sau  $r = 6$  metri). Accelerația centripetă maximă ( $\frac{v^2}{r}$ ) nu a depășit  $\mu g$  cu  $\mu =$  coeficient de frecare (căci automobilul nu a derapat). Scriind  $g > \mu g > \frac{v^2}{r}$  rezultă  $v < \sqrt{gr} \approx \sqrt{6 \cdot 10} = \sqrt{60} \approx 7,75 \text{ m/s}$  adică aproximativ 17,44 mile/oră. Maniacul profesor nu depășise viteza legală.

**III.B. Și unde radio**

(4,5 puncte)

Diferența de drum a celor două unde ce ajung în R este  $\Delta = 2\sqrt{H^2 + \frac{D^2}{4}} - D$ . Ele interferă când se „întâlnesc” în receptor, rezultând o intensitate de forma



$$I = \frac{I_0}{2} \left[ 1 + \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} \Delta\right) \right] \text{ cu } \lambda = \frac{c}{\nu}.$$

Fluctuațiile de intensitate sunt generate de modificarea lui  $\Delta$ , adică de lenta variație în

timp a lui H. Putem scrie  $\frac{dI}{dt} = -\frac{I_0}{2} \cdot \frac{2\pi}{\lambda} \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} \Delta\right) \cdot \frac{d\Delta}{dt}$  cu  $\frac{d\Delta}{dt} = \frac{2H}{\sqrt{H^2 + \frac{D^2}{4}}} \frac{dH}{dt}$ . Frecvența f

a fluctuațiilor observate ( $f = \frac{2}{15} \text{ sec}^{-1}$ ) este dată de produsul  $\frac{1}{\lambda} \cdot \frac{d\Delta}{dt}$  care ne spune de câte ori



Ministerul Educației, Cercetării și Tineretului  
**Olimpiada Națională de Fizică**  
Hunedoara, 09-15 aprilie 2007  
Proba de baraj – subiectul III - soluție



# Baraj

se cuprinde  $\lambda$  în variația dintr-o secundă a diferenței de drum. Vom scrie deci

$$f = \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{4H}{\sqrt{D^2 + 4H^2}} \cdot V_H \text{ adică } V_H = \frac{c}{v} \cdot f \cdot \frac{\sqrt{D^2 + 4H^2}}{4H} = \frac{\sqrt{41}}{2} \approx 3,2 \text{ m/s} .$$

*Prof.univ.dr. Florea S. ULIU*  
*Facultatea de Fizică , Universitatea din Craiova*