32. Nagy László Fizikaverseny
Szalézi Szent Ferenc Gimnázium, Kazincbarcika
2017. február 23 – 24.

J a v í t ó k u l c s

12. osztály

4. feladat

A törésmutató és a szögfüggvények számértékeit –a szép emlékű „Négyjegyű függvénytáblázatok”-ra hivatkozva– négy tizedes jegyre kerekítve használtuk!

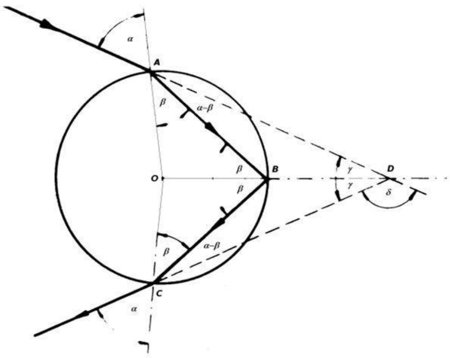
a)

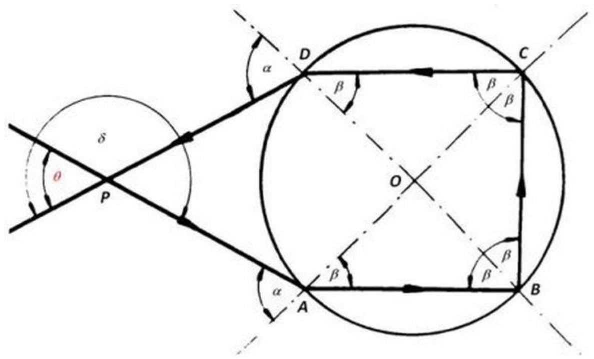
$\sin\alpha_4 = \sqrt{\frac{(4+1)^2 - n^2}{4(4+2)}} = \sqrt{\frac{5^2 - 1{,}333^2}{24}} = \sqrt{\frac{25 - 1{,}777}{24}} = \sqrt{0{,}9676} = 0{,}9837 \Rightarrow \boldsymbol{\alpha_4 = 79{,}64^\circ}$ 3 pont

$\sin\beta_4 = \frac{\sin\alpha_4}{1{,}333} = \frac{0{,}9837}{1{,}333} = 0{,}7380 \quad \Rightarrow \quad \boldsymbol{\beta_4 = 47{,}56^\circ}$ 2 pont

b)

- Fénytörés esetén a Snellius-Descartes–törvény használandó, a vízcseppbe való belépéskor $n = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$; az abból való kilépéskor $\frac{1}{n} = \frac{\sin\beta}{\sin\alpha}$ alakban. 1 pont
- Mindkét fénytörés esetében a fénysugár eltérülése külön-külön: $\alpha - \beta$; így a két törés miatt az eltérülés összesen: $2\cdot(\alpha - \beta)$ 2 pont
- A részleges visszaverődések esetében minden egyes visszaverődésnél $180^\circ - 2\beta$ az eltérülés, k darab visszaverődés esetén tehát $k\cdot(180^\circ - 2\beta)$ a deviáció mértéke. 2 pont 1 pont
- A teljes deviációs szög a $\delta_k = 2\cdot(\alpha - \beta) + k\cdot(180^\circ - 2\cdot\beta)$ összefüggéssel számítható. Ezek belátását segíti az elsőrendű és másodrendű szivárványok Cartesius-féle sugármenete: 2 pont





A negyedrendű szivárványra:

$\boldsymbol{\delta_4} = 2\cdot(\alpha_4 - \beta_4) + 3\cdot(180^\circ - 2\cdot\beta_4) = 2\cdot(79{,}64^\circ - 47{,}56^\circ) + 4\cdot(180^\circ - 2\cdot 47{,}56^\circ) =$

$= 2\cdot 32{,}08^\circ + 4\cdot(180^\circ - 95{,}12^\circ) = 64{,}16^\circ + 4\cdot 84{,}88^\circ = 64{,}16^\circ + 339{,}52^\circ = \mathbf{403{,}68^\circ}$ 4 pont

c)

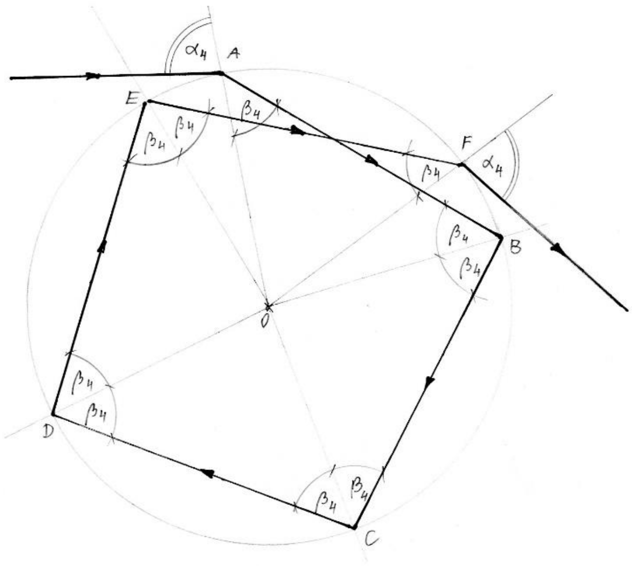
A vízcseppbe belépő és az abból kilépő fénysugarak (vagy azok meghosszabbításainak) egymással bezárt szöge: 3 pont

$\theta_4 = \delta_4 - 270^\circ = 403{,}68^\circ - 270^\circ = 133{,}68^\circ$

Összesen: 20 pont

További megjegyzések:

- Ha gondolatban egy vízszintes síkkal két félgömbre osztjuk a vízcseppet, akkor a csepp felső részén lép be a cseppbe a Cartesius-féle sugármenet fénysugara.
- A sugármenet:



- A körív alakú szivárványt egy olyan γ félnyílásszögű kúp alkotóinak irányában látjuk, amelynek forgástengelye a Napot a megfigyelő szemével összekötő egyenes. (Azaz –jelen esetben– a szivárványív középpontjában maga a Nap látható!)

  Ez a γ szög csak hegyesszög lehet, tehát a Cartesius-sugármenet vízcseppbe belépő és az abból kilépő fénysugara $\boldsymbol{\theta}$ hajlásszögének mellékszögéről van szó.
  Azaz $\gamma = 180^\circ - \theta$

  Ez a negyedrendű szivárványra: $\boldsymbol{\gamma_4} = 180^\circ - \theta_4 = 180^\circ - 133{,}38^\circ =$ **46,62º**

- A szivárványívben a színek sorrendjét a vörös és az ibolyaszínű fény törésmutatóira hivatkozva lehet kikövetkeztetni. Mivel a megadott törésmutatóhoz képest a vörös fényé kisebb, az ibolyaszínű fényé nagyobb érték, az adódik, hogy a sorrend:
  ibolya – kék – zöld – sárga – narancs – vörös