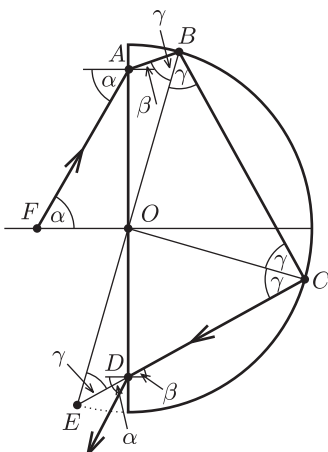


Megoldás. A fénysugár az 1. ábrán látható A pontban éri el a félgömb sík felületét, amelynek távolsága az O középponttól (cm egységekben számolva) $OA = 10\sqrt{3}$.



1. ábra

A törési törvény szerint

$$\sin \beta = \frac{1}{n} \sin \alpha = \frac{2}{3} \sin 60^\circ = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0,577,$$

a megtört sugár tehát $\beta = 35,2^\circ$ -os szögben halad tovább.

Írjuk fel az OAB háromszögben a szinusz-tételt:

$$\frac{\sin \gamma}{\sin (90^\circ + \beta)} = \frac{OA}{OB} = \frac{10\sqrt{3}}{20},$$

ahonnan a B pontbeli beesési szögre

$$\sin \gamma = \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \beta = \frac{\sqrt{2}}{2}, \quad \text{vagyis} \quad \gamma = 45^\circ.$$

A fénysugár akkor tudna kilépni a B pontnál az üvegből, ha γ kisebb lenne, mint a teljes visszaverődés arc $\sin \frac{1}{n} = 41,8^\circ$ -os határszöge. Mivel ez a feltétel itt most nem teljesül, a fénysugár a B pontban teljes visszaverődést szenved. Az OBC háromszög egyenlő szárú, ezért a C pontnál is $\gamma = 45^\circ$ a beesési szög (a háromszög tehát derékszögű). Az előző megfontolás miatt a C pontnál sem tud kilépni a fénysugár az üvegből, megint a teljes visszaverődés jelensége játszódik le. A visszavert fénysugár a D pontban éri el az üveg sík felületét, itt megtörik és kilép az üvegből.

Jelöljük a CD fénysugár meghosszabbításának és a félgömböt teljes gömbbé kiegészítő felületnek a metszéspontját E -vel! Az OAB és ODE háromszögek egybevágók, emiatt $OD = 10\sqrt{3}$ és $ED = AB$. A fénysugár teljes úthossza az üvegben:

$$s = AB + BC + CD = BC + CE = 2 \cdot BC = 40\sqrt{2} \text{ cm} \approx 56,5 \text{ cm}.$$

(Felhasználtuk, hogy $ED = AB$ és az OBC háromszög egyenlő szárú, derékszögű.)

Az üveg törésmutatójának ismeretében az üvegbeli fénysebesség:

$$c_{\text{üveg}} = \frac{c_{\text{üvegő}}}{n} = 2 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}},$$

tehát a fénysugár

$$t = \frac{s}{c_{\text{üveg}}} = 2,8 \text{ ns}$$

idő alatt halad keresztül az üvegen.

Mivel AB párhuzamos CD -vel, a D pontban megtörő fénysugár a belépő FA sugárral párhuzamosan, vele ellentétes irányban halad tovább.