

Feltételezzük, hogy az üvegcsőbe jutó fény *szórt fény*, amely minden irányból egyforma „intenzitással” érkezik. Ekkor a fotodetektor által mutatott érték arányos azzal a *térszöggel* (egy gömb felületén mérhető terület és a sugár négyzetének hányadosával), amely alatt a detektorba egyáltalán fény jut. Gondolhatjuk azt, hogy a csőbe egy egyenletesen megvilágított, viszonylag távol levő sík felületről, pl. a szoba fehérre festett mennyezetéről érkezik a fény. A fotodetektor által jelzett érték ilyenkor azzal a területtel arányos, amekkorát a detektor helyéről felfele nézve a mennyezetből láthatunk. (Ez a terület ugyanis szintén arányos a térszöggel.)

Amikor a cső kormozott fele van alul, akkor azok a sugarak jutnak el a detektorig, melyeknek a cső tengelyével bezárt szöge nem nagyobb, mint az *1. ábrán* látható  $\alpha_1$ . (Az ennél laposabban érkező sugarak a cső kormozott felén elnyelődnek.) Jelöljük a cső hosszát  $\ell$ -lel, a sugarát pedig  $r$ -rel, és használjuk ki, hogy a cső „hosszú”, azaz  $\ell \gg r$ . Ekkor

$$\alpha_1 \approx \operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{2r}{\ell},$$

a megvilágítás erőssége pedig arányos az  $\alpha_1^2 \pi$  térszöggel. (Ha a fényes, megvilágított felület távolsága  $R$ , akkor a belőle látható terület éppen  $(R\alpha_1)^2 \pi$  nagyságú.)

A fordított helyzetben, amikor a cső tükrös fele van alul (*2. ábra*), kétféle módon is érheti fény a detektort. Egyrészt azok a sugarak jutnak el  $D$ -be, melyek egyáltalán nem érintik a cső falát, ezek legfeljebb

$$\alpha_2 \approx \operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{r}{\ell}$$

szögben érkeznek, továbbá azok, amelyek a *2. ábrán* látható  $P$  és  $Q$  pontok között verődnek vissza a cső faláról. Az ezeket jellemző szögek egyike az eredeti helyzetnél meghatározott  $\alpha_1$ , a másik pedig

$$\alpha_3 \approx \operatorname{tg} \alpha_3 = \frac{3r}{\ell}.$$

A teljes megvilágítás erőssége a *3. ábrán* sötétén jelölt területekkel, egy  $\alpha_2$  sugarú kör és egy  $\alpha_3$ , illetve  $\alpha_1$  sugarakkal jellemzett körgyűrű területének összegével arányos.

A kétféle helyzetben mérhető megvilágítás aránya (kihasználva, hogy a fentebbi számítás szerint  $\alpha_1 \approx 2\alpha_2$  és  $\alpha_3 \approx 3\alpha_2$  :

$$R = \frac{(\alpha_3^2 \pi - \alpha_1^2 \pi) + \alpha_2^2 \pi}{\alpha_1^2 \pi} = \frac{(9 - 4) + 1}{4} = \frac{3}{2}.$$

*Jurányi Zsófia* (Pécs, Leöwey K. Gimn. 12. o.t.) és *Mics Zoltán* (Ipolytölgyes, Magyar Tannyelvű Gimn. 12. o.t.)

dolgozata alapján

*Megjegyzések.* 1. Ha nem használjuk ki, hogy az üvegcső „hosszú”, hanem véges  $\ell$  csőhossz és  $r$  sugár mellett pontosan számítjuk ki a térszögeket, akkor a megvilágítások arányára a következő kifejezést kapjuk:

$$R = \frac{I_a}{I_b} = \frac{1 - \frac{x}{\sqrt{x^2 + 9}} + \frac{x}{\sqrt{x^2 + 4}} - \frac{x}{\sqrt{x^2 + 1}}}{1 - \frac{x}{\sqrt{x^2 + 4}}},$$

ahol  $x = \ell/r$  a cső hosszúságára jellemző dimenziótlán arányszám. Minél nagyobb  $x$ ,  $R$  annál jobban közelít  $3/2$ -hez, a másik határesetben,  $x \ll 1$  esetén pedig  $R \approx 1$ . Érdekes, hogy a cső hosszarányát növelve  $R$  nem monoton növekszik, hanem (a *4. ábrán* látható módon) kezdetben csökken,  $x \approx 1$  értéknél minimuma van, és itt  $R = 0,77$ . A feladathoz mellékelt ábrán látható méretarány kb.  $x = 7$ -nek felel meg, ehhez  $R \approx 1,3$ -es megvilágítás-arány tartozik.

*Börzsönyi Ádám* (Hódmezővásárhely, Bethlen G. Ref. Gimn. 12. o.t.)

2. Többen – a feladat hengersizmetriájára hivatkozva – úgy gondolták, hogy elegendő a síkbeli viszonyokat tekinteni, és térszögek helyett „síkszögekkel” számoltak. A kérdéses arányra így az  $R \approx (\alpha_3 - \alpha_2 + \alpha_1)/\alpha_2 \approx 1$  hibás eredményt kapták.

Ugyancsak téves az az érvelés, miszerint a detektorba jutó tükröződő fény erőssége a tükröző felület nagyságával lenne arányos. Próbáljuk ki, hogy egy fekete papírból összetekert cső végéhez tartott zsebtükörön keresztül nézve változik-e az égbolt fényessége, ha a tükör síkját elforgatjuk. Tapasztalni fogjuk, hogy nem változik a fényesség, jöllehet a tükröző felület nagysága nyilván függ a tükör állásától.

