

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 mennyezetről 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 α_1 . (Az ennél laposabban érkező sugarak a cső kormozott felén elnyelődnek.) Jelöljük a cső hosszát ℓ -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 α_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 α_2 sugarú kör és egy α_3 , illetve α_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* (Ipolytölcs, Magyar Tannyelvű Gimn. 12. o.t.)

dolgozata alapján

Megjegyzések. 1. Ha nem használjuk ki, hogy az üvegcső „hosszú”, hanem véges ℓ 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 dimenziótlan 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 hengerszimmetriájára 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 a tükröző felület nagyságával lenne arányos. Próbáljuk ki, hogy egy fekete papírból összetekert cső végéhez tartott zsebtükrön keresztül nézve változik-e az égbolt fényessége, ha a tükrök síkját elforgatjuk. Tapasztalni fogjuk, hogy nem változik a fényesség, jóllehet a tükröző felület nagysága nyilván függ a tükrök állásától.

