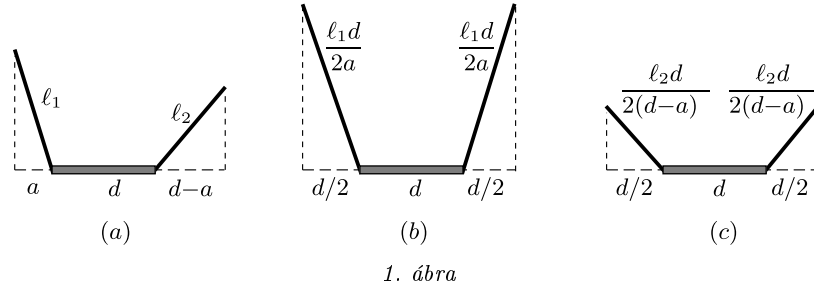


Megoldás. A tükrökről az összes fény a napelemre esik. Ebből következik, hogy az egész elrendezés fénysugarakra merőleges felületének nagysága kétszer akkora kell, hogy legyen, mint a napelem felszíne, ebben az esetben nő éppen a kétszeresére a panelen elnyelt fény teljesítménye. (Feltételezzük, hogy a napelemek hatásfoka nem függ az adott összenergiájú beeső fény irányától.)

Tegyük fel, hogy létezik olyan aszimmetrikus elrendezés (1(a). ábra), amelynél a tükrök összterülete az összes szimmetrikus elrendezésénél kisebb. Legyen a tükrök szélessége ℓ_1 és ℓ_2 , merőleges vetületük szélessége a és b , a napelem szélessége pedig d . Mivel $a + b + d = 2d$, ezért $b = d - a$. A tükrök felszíne akkor a legkisebb, amikor a szélességük összege a legkisebb.



Készítsünk el az egyik oldalból (1(b). ábra), illetve a másikkból (1(c). ábra) egy-egy szimmetrikus elrendezést! A szimmetrikusan elhelyezett két tükrő méretét (a hajlásszögük megtartása mellett) változtassuk meg úgy, hogy a fénysugarakra merőleges vetületük szélessége egyenként éppen $d/2$ legyen! Ha az eredetileg ℓ_1 széles tükrőt használjuk, akkor a két tükrő együttes szélessége $\ell_1 \frac{d}{a}$, ha pedig az ℓ_2 méretűt használjuk, az új összméret $\ell_2 \frac{d}{d-a}$ lesz. A feltevésünk szerint egyrészt

$$\ell_1 + \ell_2 < \ell_1 \frac{d}{a}, \quad \text{vagyis} \quad \frac{\ell_1}{\ell_2} > \frac{a}{d-a},$$

másképp

$$\ell_1 + \ell_2 < \ell_2 \frac{d}{d-a}, \quad \text{tehát} \quad \frac{\ell_1}{\ell_2} < \frac{a}{d-a}.$$

Ez a két feltétel egyszerre nem teljesülhet, tehát a feltevésünk *téves* volt.

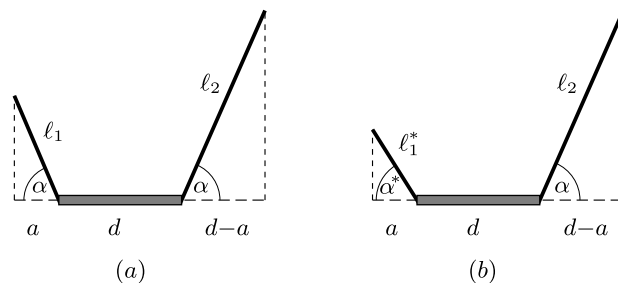
Foglalkoznunk kell még azzal a határesettel, amikor

$$\frac{\ell_1}{\ell_2} = \frac{a}{d-a}, \quad \text{azaz} \quad \frac{a}{\ell_1} = \frac{d-a}{\ell_2} = \cos \alpha.$$

Ebben az elrendezésben a két tükrő ugyanakkora α szöget zár be a napelem síkjával (2(a). ábra). Ilyenkor a „szimmetrizálás” nem változtatja meg a tükrök méretének összegét, hiszen

$$\ell_1 + \ell_2 = \frac{a}{\cos \alpha} + \frac{d-a}{\cos \alpha} = \frac{d}{\cos \alpha},$$

vagyis a tükrök összterülete a -tól független állandó. Ekkor tehát az aszimmetrikus ($\ell_1 \neq \ell_2$) elrendezés nem rosszabb (igaz, nem is jobb), mint a szimmetrizált változat. Könnyen beláthatjuk azonban, hogy ez nem lehet az optimális (legkisebb anyagfelhasználásnak megfelelő) eset. Ha ugyanis a nagyobb (mondjuk az ℓ_2 méretű) tükrő éppen bevilágítja az egész napelemet, akkor az ugyanolyan szögben elhelyezett másik, kisebb tükrőről visszavert fény a napelemnek csak egy részére jut el. A kisebb tükrőt tehát „laposabban”, $\alpha^* < \alpha$ szögben is elhelyezhetjük és a méretét $\ell_1^* < \ell_1$ értékre csökkenthetjük anélkül, hogy a panel megvilágítása megváltoznék (2(b). ábra).



2. ábra

Az eddigi megfontolásainkat összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a keresett, optimális anyagfelhasználású elrendezés szimmetrikus, és a tükrök mindegyikéről visszavert fény a teljes napelempanelt megvilágítja (3. ábra). Legyen a napelem és egy-egy tükrő síkjának hajlásszöge α , a tükrök együttes szélessége pedig

$$2\ell = \frac{d}{\cos \alpha}.$$

Ez akkor a legkisebb, amikor a nevező a legnagyobb, vagyis amikor az α szög a lehető legkisebb. A szög csökkentésének az szab határt, hogy még a tükör legtetejéről visszaverődő fénysugárnak is a napelemre (annak szélére) kell esnie. Az ábra jelöléseit használva leolvashatjuk, hogy

$$h = \frac{d}{2} \operatorname{tg} \alpha = \frac{3d}{2} \operatorname{tg}(2\alpha - 90^\circ),$$

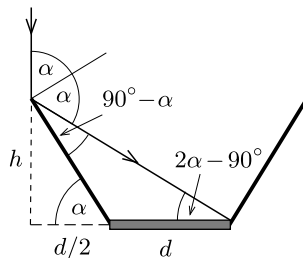
vagyis fennáll, hogy

$$\operatorname{tg} \alpha = 3 \operatorname{tg}(2\alpha - 90^\circ) = \frac{3}{\operatorname{tg}(180^\circ - 2\alpha)} = -\frac{3}{\operatorname{tg}(2\alpha)},$$

amiből

$$\operatorname{tg} \alpha = 3 \frac{\operatorname{tg}^2 \alpha - 1}{2 \operatorname{tg} \alpha}, \quad \operatorname{tg}^2 \alpha = 3, \quad \alpha = 60^\circ \quad \text{és} \quad \ell = d$$

következik.



3. ábra

A tükrök mérete tehát (optimális esetben) éppen a napelempanel méretével egyezik meg, és a tükrök 60° -os szöget zárnak be a napelem síkjával.