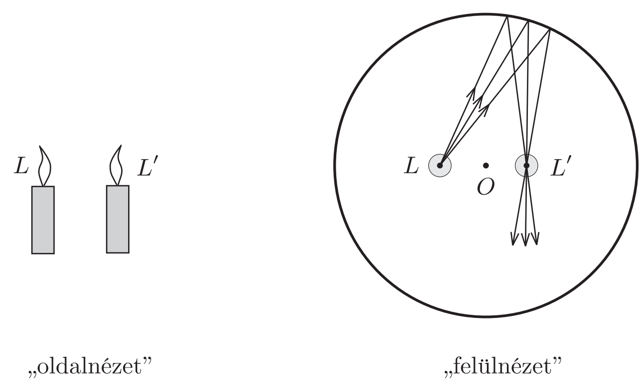
Megoldás. A feladatot abban a középiskolai közelítésben oldjuk meg, amire a befejező mondat hatalmaz fel bennünket: alkalmazhatjuk a gömbtükörre érvényes leképezési törvényt. Tudjuk, hogy ez szigorúan véve csak az optikai tengellyel közel párhuzamos, ún. „paraxiális” sugarakkal történő leképezésre igaz, de a középiskolában – és a mindennapi gyakorlatban – számos esetben alkalmazzuk olyankor is, amikor a leképező sugarak akár 20°-os szögben hajlanak az optikai tengelyhez. A leképezési törvénynek erre az esetre módosított, de a középiskolában nem tanított alakját megtalálhatja az érdeklődő Olvasó lapunk 174. oldalán a *„Lehet egy közelítéssel kevesebb?”* című cikkben.

Mindenekelőtt azt kell észrevennünk, hogy a láng képe a leírt kísérletben mindig valódi kép lesz, ami valahol a tükröző felület előtt, nem pedig mögötte keletkezik. (Most ugyanis a tárgytávolság legalább 4 cm, míg a fókusztávolság – a sugár fele – 3 cm.) E valódi kép helye azonban attól függ, honnan nézünk rá a vázára. A láng képe mindig ugyanolyan magas, mint maga a láng, mert függőlegesen a hengertükör se nem nagyít, se nem kicsinyít.

A láng képének szélessége persze nagyobb és kisebb is lehet, mint maga a láng. Egyenlő vele csak akkor, amikor a láng éppen a kétszeres fókusztávolságban helyezkedik el, ekkor a nagyítás egységnyi. A kép fordított állású, a váza tengelyétől tehát ugyanúgy 2 cm-re keletkezik, mint ahol a láng van, éppen csak a másik oldalon.

Máris válaszolhatunk az *a*) kérdésre: olyan irányból kell nézni a vázára, hogy az egységnyi nagyítású, valódi képet létrehozó sugarak jussanak a megfigyelő szemébe. Feltételezve, hogy a hengertükör viszonylag nagy nyílásszögben is tökéletes leképezést valósít meg – ahogy ezt a gömbtükröknél a középiskolában feltételezzük –, a képet és a tárgyat összekötő egyenesre (függőleges síkra) merőleges irányból is nézhetjük a jelenséget (*2. ábra*). Innen nézve, éppen egymás mellett látjuk a lángot (L) és annak (vízszintes irányban fordított, függőleges irányban egyenes állású) valódi képét (L').



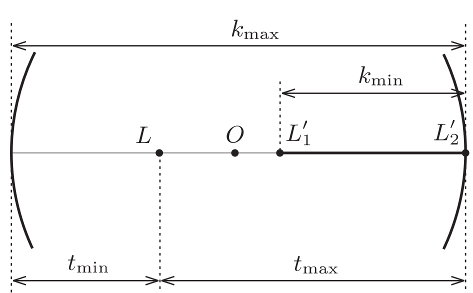
2. ábra

A *b*) kérdés megválaszolásához elég arra gondolnunk, hogy a gömbtükör esetén minden olyan fénysugár, amely a gömb középpontján halad át, önmagába verődik vissza. Akárhol is van a tárgypont, a belőle kiinduló olyan fénysugár, amelyik (vagy amelyiknek a meghosszabbítása) áthalad a gömb középpontján, önmagába verődik vissza, majd áthalad a valódi képponton. Tehát a tárgypontnak, a gömb középpontjának és a képpontnak egy egyenesbe kell esnie!

Hengertükörre alkalmazva ezt a gondolatmenetet, azt mondhatjuk, hogy az L tárgy L' képének mindig rajta kell lennie az L tárgypontot és az itteni O pontot összekötő egyenesen. Ez az O pont a henger tengelyének az a pontja, amelyik benne van a tárgyponton átmenő vízszintes síkban. Minthogy O és L pontok a feladatban rögzítettek, ezért L'-nek végig ugyanazon az egyenes szakaszon kell mozognia. A szakasz két végpontját az a két tárgyhelyzet határozza meg, amikor a láng a legközelebb, illetve legtávolabb van a tükörtől. Esetünkben

$$\begin{aligned} r &= 6 \text{ cm} &\Rightarrow\quad& f = 3 \text{ cm}; \\ t_{\min} &= 4 \text{ cm} &\Rightarrow\quad& k_{\max} = 12 \text{ cm}; \\ t_{\max} &= 8 \text{ cm} &\Rightarrow\quad& k_{\min} = 4{,}8 \text{ cm}. \end{aligned}$$

Az L' képnek a *3. ábrán* látható $L_1'L_2'$ szakaszon kell lennie.



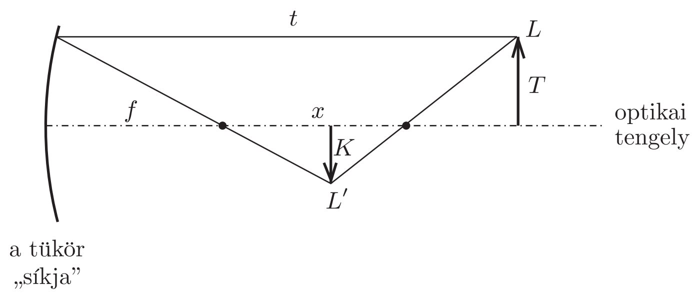
3. ábra

Érdemes megjegyezni, hogy a homorú gömbtükörnek a középiskolában tárgyalt lineáris leképezése esetén a tárgy- és képpontot összekötő egyenes szükségképpen átmegy az optikai tengelynek azon pontján, ami a tükörtől kétszeres fókusztávolságra van. Ez például a *4. ábrán* látható hasonló háromszögek segítségével látható be:

$$\frac{x}{t} = \frac{K}{T+K} = \frac{k}{t+k},$$

tehát

$$x = \frac{tk}{t+k} = \frac{1}{\frac{1}{t}+\frac{1}{k}} = f.$$



4. ábra

Ha az $\frac{1}{t}+\frac{1}{k}=\frac{1}{f}$ összefüggés helyett egy pontosabb közelítést alkalmazunk, amely már nemcsak a paraxiális sugarak – lineáris – képalkotását veszi figyelembe, akkor lehetővé válik a gömbi leképezés hibájának, az ún. *szférikus aberrációnak* a kvantitatív tárgyalása is.