

Az égitestek felületi fényességének távolságfüggése

Fotometriai alapfogalmak

Az égitestek fényt és más hullámhosszúságú elektromágneses sugárzásokat bocsátanak ki. **Fényáramnak** nevezzük az egységnyi idő alatt kisugárzott energiát: $P = E/t$.¹ A fényáram mértékegysége megfelel a teljesítmény mértékegységének, azaz J/s, tehát watt (W).

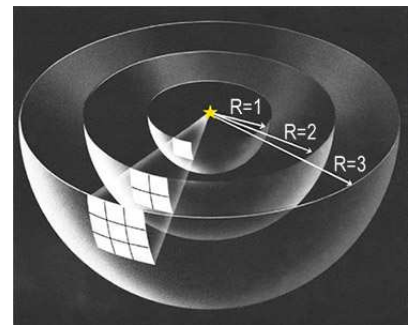
A szemünk vagy a mérőeszköz egységnyi felületére beeső fényáramot **megvilágításerősségnek** vagy röviden **megvilágításnak** hívjuk: $M = P/A$.² Mértékegysége W/m².

A nem pontszerűnek látszó égitestek látszólagos területét négyzetívmásodpercben (vagy a szög más mértékegységeinek a négyzetével) adhatjuk meg. **Felületi fényességnek** nevezzük a megvilágítás és az égitest látszó területének a hányadosát: $F = M / \text{látszó terület}$. Ennek mértékegysége például W/négyzetívmásodperc.

A megvilágítás távolságfüggése

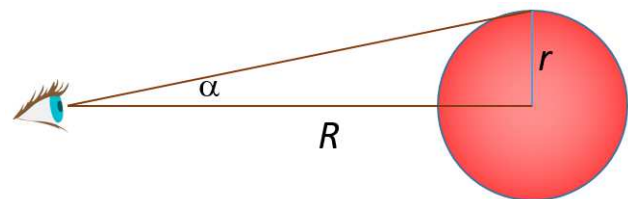
Az égitest által kibocsátott E összenergia a tér minden irányában szétterjed. Az égitesttől R távolságban egy R sugarú gömb felületén oszlik el. Így a szem vagy a mérőeszköz egységnyi felülete által érzékelt megvilágítás: $M = \frac{P}{4\pi R^2}$, mivel az R sugarú gömb felülete $4\pi R^2$ -tel egyenlő.

Mint látjuk, az M fordítottan arányos az égitesttől mért távolság négyzetével.³ Ez szemléletesen úgy magyarázható, hogy ugyanaz az energia a távolság négyzetével arányos felületen oszlik el. Kétszer akkora távolság esetén a felület négyszer nagyobb, tehát egységnyi felületre negyedannyi energia jut.



A látszó méret és terület távolságfüggése

Egy r méretű test α látószöge R távolságból a $\text{tg } \alpha = r/R$ összefüggés alapján határozható meg. Az égitestek látószöge általában kicsi. A radiánban mért, kis szögekre $\text{tg } \alpha \approx \alpha$, így a szög egyenesen arányos az égitest méretével, és fordítottan arányos a távolságával: $\alpha \approx r/R$.⁴



Ha a méretet a látószöggel jellemezzük, akkor egy α sugarú körnek látszó égitest az égbolton $T = \alpha^2 \pi$ területet foglal el. Az előző összefüggés alapján a látszó terület: $T = \alpha^2 \pi = (r/R)^2 \pi = r^2 \pi / R^2$. Megállapíthatjuk tehát, hogy a látszó terület is fordítottan arányos a távolság négyzetével. Ez az összefüggés egyébként nem függ az alaktól, nem csak a körre érvényes.

A felületi fényesség távolságfüggése

Mivel a megvilágítás a távolság négyzetével fordítottan arányosan csökken, de ugyanígy csökken a látszó felület is, ezért a két mennyiség hányadosa, azaz az égitestek felületi fényessége már nem függ a távolságtól. Képletekkel:

$$F = \frac{M}{T} = \frac{P/(4\pi R^2)}{r^2 \pi / R^2} = \frac{P}{4\pi R^2} \cdot \frac{R^2}{r^2 \pi} = \frac{P}{4\pi^2 r^2}$$

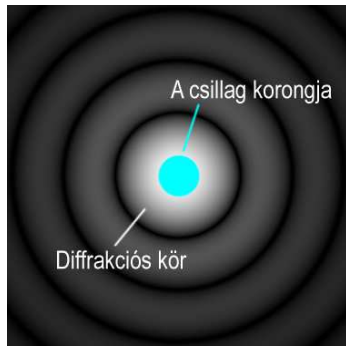
Mint látjuk, kiesik az égitest távolsága, az R . Ennek következtében például a Nap felszínének felületi fényessége a Naprendszer bármely bolygójáról ugyanakkorának látszik. Az összfényesség (így a bolygóra beérkező energia) természetesen a távolság négyzetével fordítottan arányosan csökken.

¹ Az egységnyi térszögbe kisugárzott fényáramot nevezzük fényerősségnek (fényességnek).

² A megvilágítást általában E -vel jelölik, de cikkünkben az E az energiát jelenti.

³ Lambert-féle négyzetes távolságtörvény. Johann Heinrich Lambert (1728–1777), svájci matematikus, fizikus, csillagász, térképész és filozófus. A róla elnevezett távolságtörvényt 1760-ban kiadott Fotometria című könyvében írta le, az optika sok más, fontos eredményével együtt.

⁴ Például $\text{tg } 10^\circ = \text{tg } 0,1745 \text{ rad} = 0,1763$, $\text{tg } 1^\circ = \text{tg } 0,01745 \text{ rad} = 0,01746$.



Megjegyezzük, hogy a fenti összefüggés csak akkor igaz, ha az égitest látszó mérete nagyobb, mint a fényelhajlásból származó diffrakciós kör mérete. A csillagok például egy nem túl nagy távcsőben „pontoszerűnek” látszanak, azaz a diffrakciós körnél kisebb méretűek. Fényességük tehát nem a valódi látszó területen, hanem a diffrakciós kör (és gyűrűk) területén oszlik el. Ez azonban nem befolyásolja az Olbers-paradoxont. Egy végtelen világegyetem esetén ugyanis a csillagok teljesen kitöltenék az égboltot, tehát a valódi felületi fényességeket érzékelnénk.

Összeállította: Juhász Tibor