

## 7.7. APŠVIETOS PRIKLAUSOMYBĖS NUO ATSTUMO TYRIMAS

### Darbo tikslas

Įvertinti paviršiaus apšvietą esant skirtingam atstumui tarp šviesos šaltinio ir apšviečiamojo paviršiaus.

### Darbo užduotys

- Išmatuoti paviršiaus apšvietos priklausomybę nuo atstumo tarp šaltinio ir apšviečiamo paviršiaus.
- Liuksmetru įvertinti apšvietą skirtingose auditorijos vietose esant natūraliam bei dirbtiniam apšvietimui.

### Teorinės temos

- Radiometrija ir fotometrija.
- Pagrindiniai fotometriniai dydžiai (šviesos srautas, šviesos stipris, šviesos intensyvumas, skaitis (ryškumas), apšvieta (šviesis).
- Fotometrijos dėsnis (apšvietos dėsniai).

### Darbo priemonės ir prietaisai

Liuksmetras, optinis suolas, lempa su kaitrine lempute, lempos maitinimo šaltinis.

### Darbo metodika

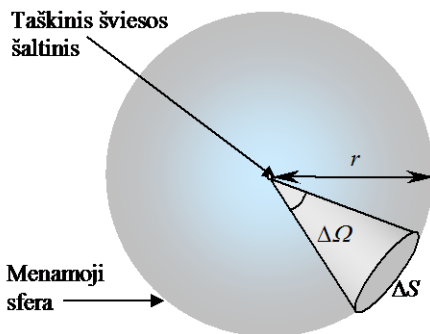
Daugelyje veiklos ir mokslo sričių (fotografija, reklama, visuomenės sveikatos centrų tyrimai ir kt.) svarbu žinoti ir matuoti įvairių šviesos šaltinių skleidžiamą “šviesos kiekį”. Tai nagrinėja *radiometrija*. Tuo tarpu akies (ar kitų optinių prietaisų) pojūtį šviesai optiniame elektromagnetinių bangų diapazone nagrinėja kita optikos šaka – *fotometrija*. Šio reiškinio apibūdinimui įvedami tam tikri pagrindiniai dydžiai, charakterizuojantys šviesos gebėjimą pernešti energiją: šviesos srautas, šviesos stipris, apšvieta.

*Šviesos srautu*  $\Phi_v$  vadinama regimosios spinduliuotės galia, kuri įvertinama pagal normalios (adaptuotos) akies pojūtį. Kitaip tariant, srautas  $\Phi_v$  yra šviesos elektromagnetinių bangų energija, pernešama per laiko vienetą per tam tikrą paviršiaus plotą ir įvertinama pagal regimąjį pojūtį. Tai yra fotometrinis dydis, kurio matavimo vienetas yra *liumenas* [lm]. Liumenas yra fotometrinis vato atitikmuo (vatais matuojama visa spinduliuotės srauto galia). Vienu liumenu yra apibrėžiamas šviesos srautas, kurį išspinduliuoja 1/683 vato galios monochromatinis šaltinis, spinduliuojantis 555 nm bangos ilgio spinduliuotę. Spinduliuotės (energijos) srautas ir šviesos srautas yra susiję:

$$\Phi_v = K \Phi_e; \quad (7.7.1)$$

čia  $K$  – *santykinis šviesinis veiksmingumas*. Jo matavimo vienetas yra liumenas vatui (lm/W). Tam tikram spinduliuotės bangos ilgiui jis yra skirtingas ir vadinamas *spektriniu šviesiniu veiksmingumu*.

Vienspalvės 555 nm spinduliuotės spektrinis šviesinis veiksmingumas yra maksimalus ir lygus 683 lm/W.



7.7.1. pav. Taškinio šviesos šaltinio skleidžiamos spinduliuotės sudaroma sfera

Šie du dydžiai paprastai nusako pilną šviesos šaltinio galią ir jo bendras savybes, bet neparodo, kaip ši galia keičiasi įvairiomis kryptimis nuo šaltinio.

Tegu *taškinis šviesos šaltinis* (t.y. toks, kurio linijiniai matmenys yra mažesni nei atstumas nuo jo iki stebėjimo taško) skleidžia elektromagnetines bangas ir aplink jį susidaro menama šviesos sfera (7.7.1 pav.). *Erdvinis kampas*  $\Delta\Omega$  apibrėžiamas kaip kampas, atitinkantis kūgio apribotą erdvės dalį, ir išreiškiamas kūgiu išpjauto sferos (su centru šio kūgio viršūnėje) paviršiaus ploto  $\Delta S$  ir sferos spindulio  $r$  kvadrato santykiu:

$$\Delta\Omega = \frac{\Delta S}{r^2}. \quad (7.7.2)$$

Erdvinis kampas matuojamas steradianais [sr].

*Spinduliuotės stipris*  $I_e$  – radiometrinis dydis, nusakantis šaltinio ar šaltinio elemento skleidžiamą spinduliuotės energijos srautą, tenkantį erdvinio kampo elementui pasirinkta kryptimi.

*Šviesos stiprių*  $I_v$  (fotometrinis dydis) vadinamas toks taškinio šaltinio stipris, kuris skaitmeniškai lygus šviesos srautui, tenkančiam vienetiniam erdviniam kampui pasirinkta kryptimi:

$$I_v = \frac{\Delta\Phi}{\Delta\Omega}; \quad (7.7.3)$$

čia  $\Delta\Phi$  - šviesos srautas sklindantis erdvinium kampu  $\Delta\Omega$ . Šviesos stipris matuojamas kandelomis [cd].

Jeigu taškinis šaltinis skleidžia šviesą tolygiai visomis kryptimis, tai erdvinis kampas lygus  $4\pi$ , o šviesos stipris:

$$I = \frac{\Phi_{piln.}}{4\pi}. \quad (7.7.4)$$

Šaltinio, kuris išspinduliuoja 1 lm į 1 sr, šviesos stipris yra lygus 1 cd. Kaip ir visi fotometriniai dydžiai šis vienetas skiriamas įvertinti šviesos poveikį žmogaus akiui.

Dažnai reikia žinoti, koks yra kambario, stalo ar mokyklinio suolo apšviestumas, t.y. nustatyti kokio intensyvumo šviesa pasiekia mus dominantį objektą. Tai nusako fizikinis dydis vadinamas *apšvieta*.

*Apšvieta*  $E_v$  yra lygi į paviršiaus elementą krintančiam šviesos srautui  $\Delta\Phi$  tenkančiam vienetiniam to paviršiaus plotui:

$$E_v = \frac{\Delta\Phi}{\Delta S}. \quad (7.7.5)$$

Apšvieta fotometrijoje matuojama liuksais [lx]. Radiometrinis atitikmuo – *energinė apšvieta* lygi į vienetinį paviršiaus elementą krintančiam spinduliuotės (energijos) srautui. Pavyzdžiui, Saulės energinė apšvieta (energinis šviesis) Žemės paviršiuje aiškią dieną vidurdienį yra apytiksliai lygi  $1000 \text{ W/m}^2$ , o apšvieta –  $10^5 \text{ lx}$ . Šie dydžiai skiriasi priklausomai nuo geografinės platumos, metų laikų, paros laiko ir t.t.

Pagal higienos normas, mokymo klasėje, įstaigoje ar namuose turėtų būti įrengtas toks apšvietimas, kad patalpos apšvieta kistų 500-1000 lx ribose. Aukštesnio lygio apšvieta reikalinga atliekant preciziškus darbus. Įvairiems darbams apšvietos normos svyruoja nuo šimtų iki kelių tūkstančių liuksų. Higienos specialistai paprastai įvertina patalpų apšviestumą matuodami apšvietą *liuksmetrais*, kurių veikimo principas pagrįstas fotoefekto reiškiniu.

Iš praktikos žinoma, kad šviesos šaltiniui tolstant nuo apšviečiamo paviršiaus, jis vis silpniau jį apšviečia, t.y. jo apšvieta mažėja. Tai aiškiai matyti 7.7.2 paveiksle: 1 m atstumu nuo objekto sklindantis šviesos srautas išplinta iki  $1 \text{ m}^2$ , 2m atstumu – iki  $4 \text{ m}^2$ , o 3m atstumu – jau iki  $9 \text{ m}^2$ . Akivaizdu, kad apšvieta yra atvirkščiai proporcinga atstumo nuo šaltinio kvadratui:

$$E_v = \frac{I_v}{l^2}. \quad (7.7.6)$$

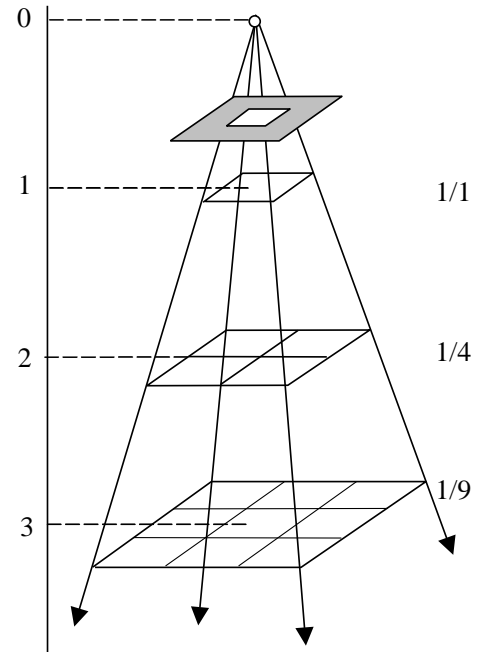
Prietaiso apšvietos priklausomybės nuo atstumo tyrimo stendas pavaizduotas 7.7.3 paveiksle. Jį sudaro optinis suolas (1), lempa įtvirtinta stovė (2), liuksmetras (4) su zondą (3), lempos maitinimo šaltinis (5), universalus gnybtas (6). Jautrioji zondo dalis yra fotoelementas – puslaidininkinis prietaisas, šviesos energiją paverčiantis elektros energija. Elektros srovė nukreipia galvanometro rodyklę proporcingai galvanometro apšviestumui.

Kai šviesa krinta statmenai paviršiui, tai paviršiaus apšvieta yra tiesiogiai proporcinga šaltinio šviesos stipriui:

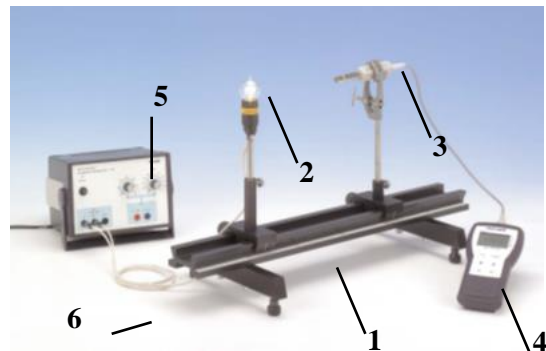
$$E \sim I.$$

Taip pat, paviršiaus apšvieta yra atvirkščiai proporcinga atstumo  $r$  nuo šaltinio iki apšviečiamo paviršiaus kvadratui (7.7.6 formulė).

Apšvieta priklauso nuo šviesos spindulių kritimo kampo. Kai spinduliai krenta statmenai į paviršių, paviršiaus apšvieta yra didžiausia. Apšvietos priklausomybė nuo spindulių kritimo kampo išreiškiama formule:



7.7.2 pav. Apšvietos priklausomybė nuo atstumo iki šviesos šaltinio



7.7.3 pav. Apšvietos priklausomybės nuo atstumo tyrimo stendas; čia 1 - optinis suolas, 2 - lempa įtvirtinta stovė, 3 – liuksmetro zondas, 4 - liuksmetras, 5 - lempos maitinimo šaltinis, 6 - universalus gnybtas

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \alpha; \quad (7.7.8)$$

čia  $\alpha$  – kampas tarp normalės ir krintančio į paviršių šviesos spindulio.

### Darbo eiga

1. Paruošiamas apšvietos priklausomybės nuo atstumo tyrimo stendas (7.7.3 pav.). Lempos maitinimo kištukai įjungiami į 6 V lempos maitinimo lizdą.
2. Liuksmetro zondas ir lempa su kaitrine lempute pastatomi mažiausiu atstumu vienas nuo kito.
3. Įjungiamas liuksmetras ir kaitinimo lemputė.
4. Išmatuojamas atstumas nuo liuksmetro zondo iki lemputės bei užrašomi liuksmetro rodmenys.
5. Matavimai kartojami, keičiant lemputės padėtį ant optinio suolo.
6. Duomenys surašomi į 1 lentelę:

1 lentelė

$E, lx$	$r, m$	$1/r^2, m^{-2}$

7. Nubraižomas apšvietos priklausomybės nuo atstumo kvadrato ( $E = f(1/r^2)$ ) grafikas.
8. Darbas kartojamas pasirinkus kitos galios lemputes.

### Literatūra:

1. J. Butrimaitė, A. Dementjev, G. Dikčius, R. Gadonas, J. Jasevičiūtė, V. Karenauskaitė, V. Sirutkaitis, V. Smilgevičius (2004). Vadovėlis Fizika biomedicinos ir fizinių mokslų studentams 2 dalis, Vilnius, Vilniaus universiteto leidykla, 351psl. ISBN 9986-19-595-9.