

A megvilágítás mérése okostelefonnal

A feladat:

A Tungram-Schröder cég által adományozott, közterületek megvilágításához használt világítótestek biztosította megvilágítás mérése egy mobil telefonos alkalmazás (lux mérő) segítségével.



1. ábra A méréshez használt lámpatípusok (balról jobbra): ALTRA világítótest (fénycsövekkel), OPALO 1 világítótest (nagy nyomású Na-gőz lámpa) VOLTANA 1 világítótest (LED-es fényforrás)

FONTOS ÉRINTÉSVÉDELMI SZABÁLYOK:

- A világítótesteket FÖLDELTELT, 230 V AC hálózati csatlakozókkal látta el a Tungram Schröder cég. Azokat CSAK FÖLDELÉSSSEL ELLÁTOTT HÁLÓZATI DUDALJHOZ VAGY HOSSZABBÍTÓHOZ SZABAD CSATLAKOZTATNI A VILÁGÍTÓTESTEK ÁLLVÁNYRA TÖRTÉNŐ FELSZERELÉSE UTÁN!
- A lámpák beüzemelésénél legyen jelen legalább egy, elektronikában járatos felnőtt (pl. fizika tanár, elektrotechnikus), aki felügyeli a méréseket!

A méréshez szükséges, az ELFT-nél pályázható eszközök:

- Világítótestek (3 db)
- Lámpaállvány (talp, oszlop, tartórúd)
- Mérési utasítás

A méréshez szükséges, a közoktatási intézmény (vagy hallgatói) által biztosítandó, beszerzendő eszközök listája:

- Földelt elektromos csatlakozó, hosszabbító
- Lux mérő (pl. mobil telefon vagy táblagép megvilágítás érzékelővel, lux mérő alkalmazással)
- Megfelelően nagy, kb. 9 x 3 m²-es sík felület a mérésekhez (pl. tornaterem, osztályterem, előcsarnok vagy udvar)
- Szerszámok (pl. villáskulcs, műanyag bilincs) a lámpák rögzítéséhez

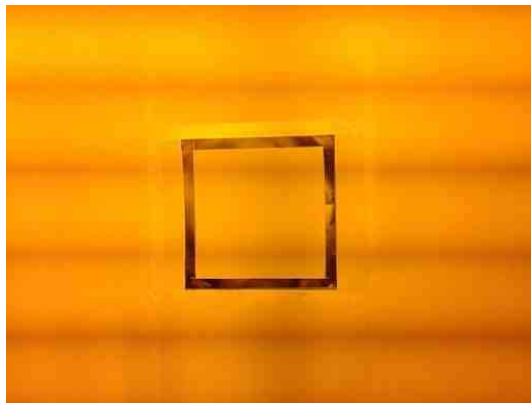
A mérések javasolt helyszíne:

A méréseket zárt térben (az iskolán belül), vagy szabad térben is végezhetjük, viszont fontos, hogy a mérés során a háttér megvilágítás hatását (pl. besötétítéssel, késő esti szabadtéri méréssel és vagy mérési korrekciókkal) minimalizáljuk!

A megvilágítás erősségének mérése.

Számos, bár nem mindegyik okostelefon rendelkezik a megvilágítás mérésére alkalmas szenzorral. Amennyiben sikerül a megfelelő okostelefont csatasorba állítani, akkor a mérés a következőképpen zajlik (természetesen használhatunk egy erre a célra szolgáló Lux mérőt is):

Először töltsük le a Google "Play Store"-ból a "Light Meter" nevű ingyenes alkalmazást, aminek szerzője **Mannoun.Net**. Ezt az alkalmazást az különbözteti meg sok hasonló alkalmazástól, hogy lehetővé teszi a megvilágítás egy rövid időtartamának mérését, ami nagyon hasznos, mert a fényforrások vibrálnak. Ezt egyébként egy *Camera FV-5 Lite* nevű alkalmazással (amit szintén a „Play Store”-ból tölthetünk le), egy fehér lapról készített fényképen ellenőrizhetjük. Ebben az alkalmazásban lehetővé van téve a fix, 1-2 másodperces expozíciók készítése. Az így készített képen jól megfigyelhetőek a nátrium lámpa villódzása okozta sávok:



2. Ábra. Villódzás a nátrium lámpa fényében

Az időátlagolás segítségével kiküszöbölhetőek a villódzás okozta hibák. Ezt a mérés során is figyelemmel kísérhetjük, ha megfigyeljük a mérőprogram által az időátlag mellett megjelenített minimális és maximális értékeket különböző lámpatípusok esetén. Azt is megfigyelhetjük, hogy ez a villódzás más és más a különböző lámpák esetén.

A mérés során a telefont a területegység közepére helyezzük. Ügyeljünk arra, hogy a telefon vízszintesen fekszen, érdemes esetleg a védőtokból kivenni, hogy a tok ne okozzon a vízszintestől eltérő felfekvést. Ezután a kék „Reset” gomb megnyomása után indítsuk a mérést. Pár másodperc után az alsó, időátlagot mutató szám stabilizálódik. Ezt az értéket tekintjük a területegységre jellemző megvilágításnak és a területegység koordinátaival együtt feljegyezzük. Érdemes megfigyelni a minimális és a maximális értékek változását is.



3. Ábra. A „Light Meter” alkalmazás képernyője a mérés során használandó funkciók megjelölésével

Javasolt mérési elrendezés:

Az alábbiakban bemutatunk egy fényképet, amely egy általunk az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpontban összeállított teszt-mérési elrendezésről készült.

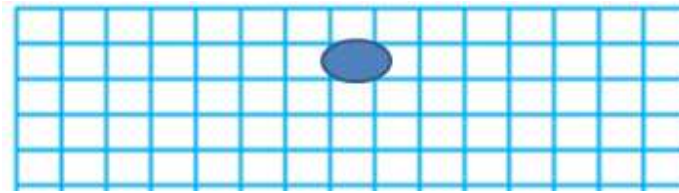


4. Ábra. Mérési elrendezés a folyosón

Ilyen, vagy ehhez hasonló elrendezésekkel végezhetjük majd el a kívánt mérési feladatokat. Az elő-kísérletek alapján javasoljuk az alábbi beállításokat, de a nagyobb mérési pontosság elérése érdekében természetesen ettől el lehet térni!

A mérés menete:

- A világítótestet rögzítsük kb. 1 m magasságban, megfelelő szögben beállítva a talp, az oszlop és a (kicsit megdöntött) tartórúd segítségével. Ügyeljünk arra, hogy a világítótestek által kisugárzott fény eloszlása az „utca hosszában” közel szimmetrikus legyen. (Ezt már a lámpák bekapcsolt állapotában, az egyes mérések elkezdése előtt tudjuk megtenni).
- Vegyünk fel egy mérési hálót, vagy „GRID”-et a fényeloszlás méréshez (pl. rajzoljunk, szig-szalagozzunk vagy használjunk egy padlócsespe hálót), ahol a mérési pontok távolsága nagyjából 30 cm, a lámpához képest hosszában -7, -6, ...0, 6, 7 (x 30 cm), keresztben -1, 0, 1, 2 és 3 (x30 cm) távolságban (összesen $15 \times 5 = 75$ mérési pont).



3. Ábra A mérési háló a világítótesttel (felülnézet)

- Vegyük fel a megvilágítás erősség ($E_{i,j}$) értékeket (lx) minden „csempe” középpontjában, mindhárom lámpa esetében. Az (időátlagolt!) mérési eredményeket rögzítsük egy táblázatban (a sorok és oszlopok mérési hálót leképező kitöltésével)!
- Egy második táblázat segítségével számítsuk ki az egyes “csempe” darabokra eső fénysűrűséget ($P_{i,j}$, lumen egységekben)! Megkönnyítheti a mérés kiértékelését, ha az adatokat azonnal egy számítógépen, egy MS Excel táblázatban rögzítjük, de ez nem szükséges.

Példa:

Felület darab (csempe) területe: $A = 0.3 \text{ m} \times 0.3 \text{ m} = 0.09 \text{ m}^2$ Csempe közepén mért megvilágítás erőssége $E_{i,j} = 1200 \text{ lx}$ Ekkor a csempedarabra eső fénysűrűség nagysága : $P_{i,j} = A \times E_{i,j} = 1200 \text{ lx} \times 0.09 \text{ m}^2 = 108 \text{ lumen}$

- Végezzük el a mérést mindhárom világítótestre!

Számítási, kiértékelési feladatok:

- Grafikusan ábrázoljuk az egyes világítótestek által létrehozott megvilágítás hossz- és keresztirányú eloszlását (A megvilágítás erősség ($E_{i,j}$) adatok összegzésével az „utca” hosszában illetve keresztben)!
- Számítsuk ki, mekkora az egyes lámpákból kijövő összes fénysűrűség (P_{sum} , lumenben)! (A fénysűrűség ($P_{i,j}$) adatok összegzése a teljes felületre (az összes csempére), az egyes felületdarabokra (csempékre) eső fénysűrűség adatok kiszámítása után.) Adjunk becslést a mérési pontosságra (pl. a GRID-en kívül eső csempékre eső fénymennyiség maximális mértékének becslésével)! Hogyan tudnánk tovább növelni a méréseink pontosságát?
- Számítsuk át az egyes lámpákon mért összes fénysűrűség (P_{sum} , lumen) adatokat watt értékre, ha feltételezzük, hogy a fény hullámhossza közel 550nm mindhárom lámpa esetében (ld. még a mellékelt definíciókat!).
- Becsüljük meg az egyes lámpák hatásfokát az alábbi összefüggések és adatok felhasználásával:
 - fényhasznosítás (W/Lumen): felvett elektromos teljesítmény (W)/a kijövő összes fénysűrűség (Lumen)
 - Lámpák hatásfoka (%): $\eta (\%) = \text{teljes fénytjeljesítmény (W)} / \text{felvett elektromos teljesítmény (W)} \times 100$

A számításhoz használjuk fel az egyes lámpákon általunk mért, a hálózathoz felvett elektromos teljesítmény adatokat:

Fénycső:	36.8W
LED:	13.8W
Nátrium lámpa:	32.2W

Nem kötelező, „szorgalmi” feladat:

Próbáljuk meg „lefényképezni” mobil telefonunkkal az egyes lámpákhoz tartozó lámpaspektrumokat megfelelő diffrakciós elem (pl. rács (pl. törött CD lemezdarab (!) vagy prizma alkalmazásával)!

Definíciók, további információk:

1. A megvilágítási erősség (E) a felületet érő fény mértéke, megadja, hogy egy adott felület mennyire van kivilágítva, vagyis mekkora fényáram jut 1 m² felületegységre, lumenben.

1 lux a megvilágítása annak a felületnek, amelynek 1 négyzetméterére merőlegesen és egyenletesen 1 lumen fényáram esik.

$$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm} / 1 \text{ m}^2$$

ahol a megvilágítás erőssége (E) a megvilágított (A) felületre eső fényáram és a megvilágított (A) felület nagyságának hányadosa. SI mértékegysége lux (lx).

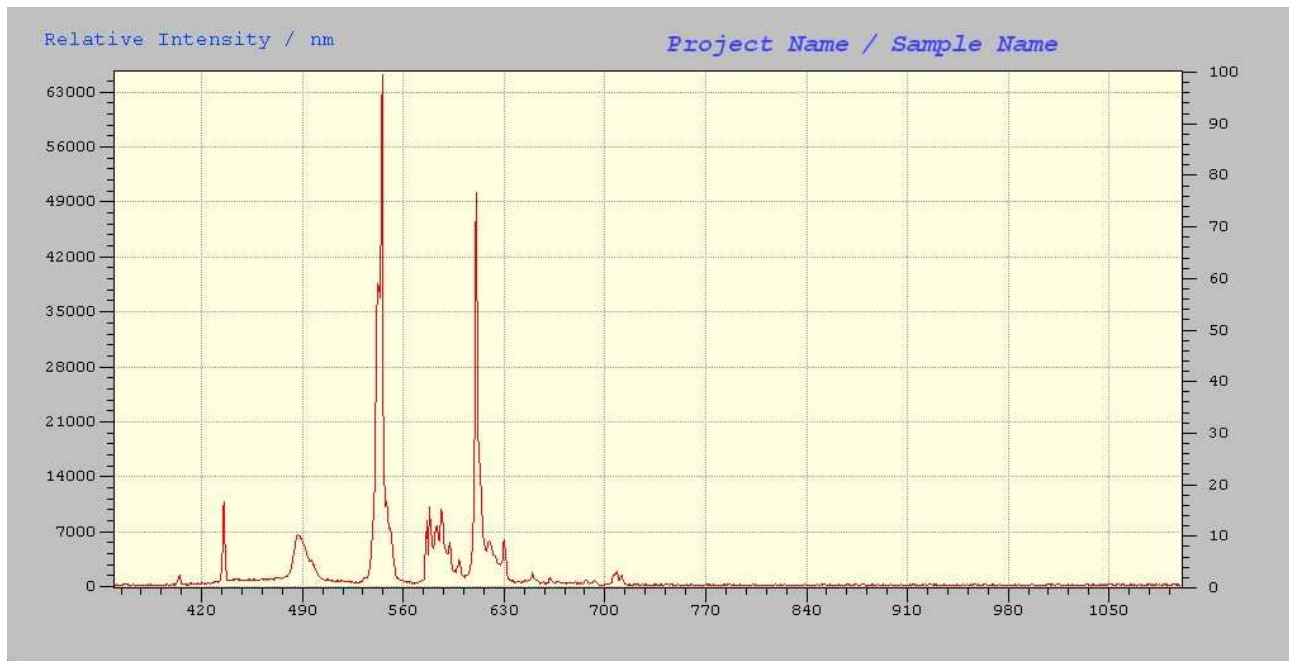
2. A szem maximális érzékenységének megfelelő 550 nm hullámhosszúságú fénysugárzás 1 watt teljesítmény esetén 680 lumen fényáramot létesít. (ld. még a mért lámpaspektrumokat!).

Megjegyzés: majdnem mindegyik fényforrás középhullámhossza 550 nm, ezért a számításoknál az 1 watt ~ 680 lumen közelítéssel élhetünk.

Ennek a közelítésnek az ellenőrzéséhez kimértük a lámpák fényének spektrális eloszlását. A mérési eredményekből látszik, hogy a lámpákat úgy tervezték, hogy az emberi szem érzékenységi maximumán, megközelítőleg 550 nm-en adják le a legnagyobb teljesítményt (lásd a mellékelt spektrumokat).

Melléklet: Lámpaspektrumok

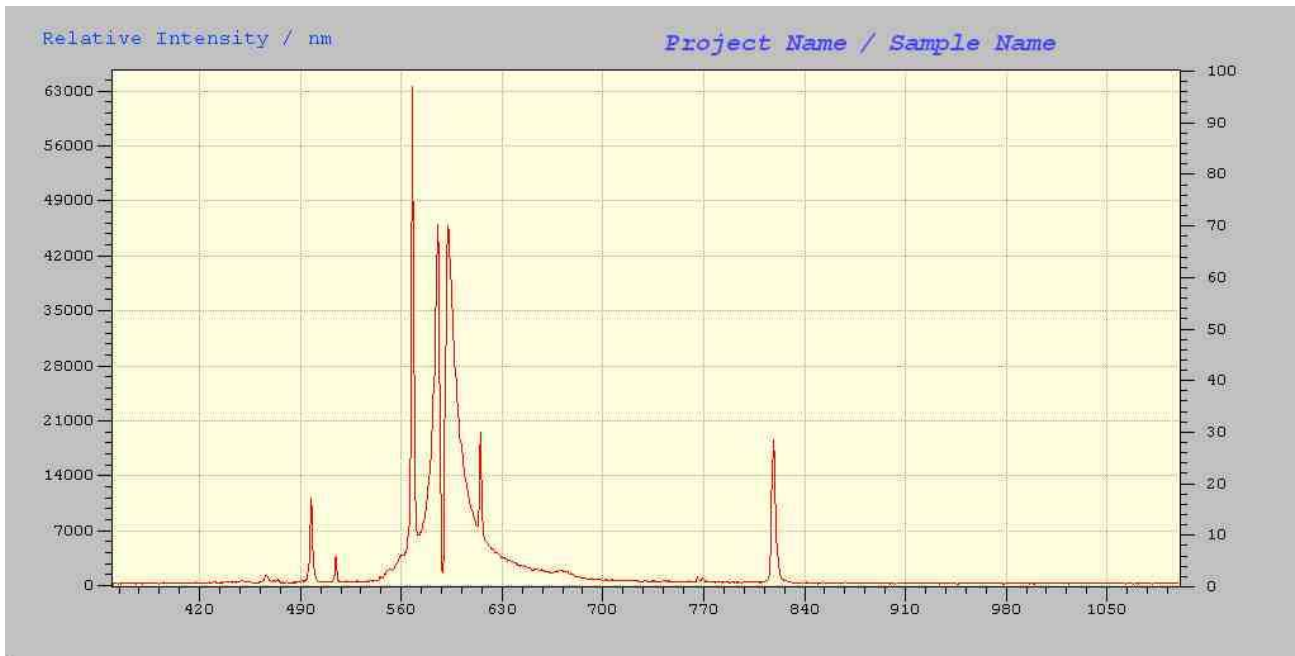
Fénycső:



LED:



Nátrium lámpa:



Az internetről könnyen letölthető az alábbi ábra, ami mutatja a hullámhosszokhoz tartozó színt is:

