7. Fényintenzitás mérés. Wolframszálas, halogén töltésű és higanygőz lámpák és fényvetőik sugárzásának vizsgálata. Távolság függés és síkbeli eloszlásmérés.

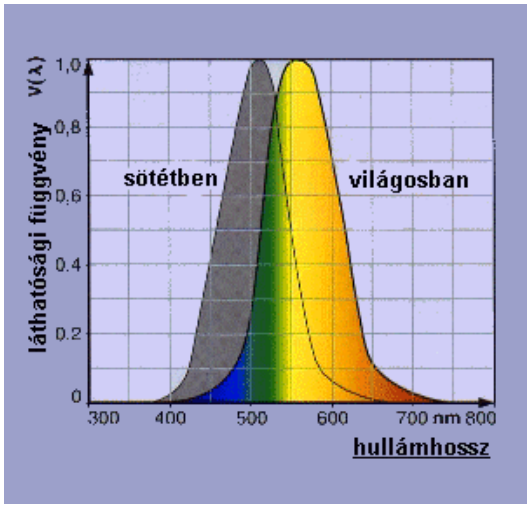
A MÉRÉS CÉLJA:

Megismerkedni a világítástechnika alapvető fizikai mennyiségeivel, legújabb eredményeivel, a piacon található, különböző működési elvű, változatos felépítésű fényforrásokkal és azok fényvetőinek hatásával.

ELMÉLETI ISMERETEK

Fényforrásnak nevezzük az olyan eszközt, amely energiaátalakulás eredményeként fényt bocsát ki. A világítástechnikában alkalmazott mesterséges fényforrásokat a fénygerjesztés módja alapján szokásos csoportosítani. Ennek alapján megkülönböztetünk **hőmérsékleti sugárzókat** (pl. izzólámpa) és **kisülőlámpákat** (pl. fénycső, higanylámpa stb.)

Szemünk az elektromágneses sugárzás **380 és 780 nm** közötti hullámhosszúságú tartományát érzékeli látható fényként. Az emberi szem nem egyformán érzékeny a különböző hullámhosszú sugárzásokra, a szem érzékenységének elfogadott és a 7.1. ábrán látható szabványosított görbéjét a Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság állapította meg. A **világosra adaptált** szem láthatósági függvényének szokásos jelölése V(λ), a **sötétre adaptált** szem görbéjét V'(λ)-val jelölik. A V(λ) görbe a zöldessárga színnek megfelelő 555 nm-es hullámhossznál veszi fel a maximális értékét.



7.1. ábra. A láthatósági függvények. A vízszintes tengelyen a fény hullámhossza van nm-ben megadva, a függőleges tengelyen a láthatósági függvény relatív értéke látható.

7.1. Világítástechnikai fogalmak

A fénynyalábban energia áramlik, az áramlás irányát a fénysugarak iránya adja meg. Az energiaáram nagyságát különböző műszerekkel megmérhetjük, de a kapott érték a szem érzékenységének hullámhossz függése miatt nem lesz arányos a szemünkben keletkező fényérzettel.

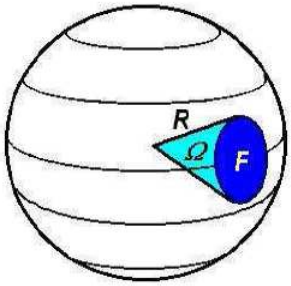
Fényáram: A fényáram (jele Φ) a fényérzetre jellemző fizikai mennyiség. Ha egy nyaláb adott keresztmetszetén *dt* idő alatt *dW* sugárzási energia áramlik át, akkor a

$$\Phi = \frac{dW}{dt} \qquad (7.1)$$

mennyiséget *sugárzási teljesítménynek* vagy *energiaáramnak* nevezzük, (mértékegysége *Watt, (W)*). *A fényáramot* úgy kapjuk, hogy a kis,. $\Delta\lambda$ hullámhossz tartományba eső sugárzási teljesítményt megszorozzuk a láthatósági függvény ottani értékével, majd az ilyen szorzatokat összegezzük a teljes látható spektrumtartományra. A fényáramot történeti okokból nem *Watt*, hanem *lumen (lm)* egységben szokás megadni. **Egy lumen** fényáramnak 555 nm-es sugárzás esetén **1.46 mW**=1/683 W a sugárzási teljesítmény.

Fényhasznosítás: A fényforrás **fényáramának** és az általa felvett **villamos teljesítmény** értékének **hányadosát** nevezzük fényhasznosításnak, melynek **egysége a lm/W**. A fényhasznosítás fontos energetikai jellemző, a fényforrások fejlesztésének egyik elsődleges célja a lm/W érték növelése.

Térszög: A térszöget úgy definiáljuk, hogy annak mérőszáma megegyezik a térszöget határoló, O csúcspontú kúp által egy O középpontú gömb felszínéből kimetszett felület és a gömbsugár négyzetének a hányadosával. A 7.2. ábra jelöléseivel: Ω F/R^2. A térszög mértékegysége **szteradián** (sr).



7.2. ábra. A térszög definíciójához

Fényerősség. A fényerősség a fényforrást elhagyó és az adott irányt tartalmazó dΩ elemi térszögben terjedő dΦ elemi fényáram és az elemi térszög hányadosa.

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega} \qquad (7.2.)$$

Mértékegysége a **kandela (cd).** A kandela az SI mértékrendszer alapegysége. A lumen egység 1 lm = 1 cd·sr alakban is felírható.

Megvilágítás: Ha egy dA felületre merőlegesen dΦ fényáram érkezik, akkor a megvilágítás erőssége

$$E = \frac{d\Phi}{dA} \qquad (7.3.)$$

Ha a dΦ fényáram nem merőlegesen esik be a dS felületre, akkor a felület merőleges vetületével kell számolni a megvilágítást (dS·cosα, ahol α a dS felületelemre merőleges egységvektor és a fényáram iránya által bezárt szög.)

$$E = \frac{d\Phi}{dS \cdot \cos\alpha} \qquad (7.4.)$$

A fényáram mértékegysége a lux. Ha 1 m^2 nagyságú felületet merőlegesen 1 lm fényáram ér, akkor a felület megvilágítása 1 lux (lx) lesz. 1 lx =1 lm/m^2

Fénysűrűség. A fényforrás vagy megvilágított felület felületi fényessége vagy más néven fénysűrűsége adott irányban az I fényerősségnek és a dS felületelem látszólagos nagyságának, a dS·cosα vetületének a hányadosa.

$$L = \frac{I}{dS \cdot \cos\alpha} \qquad (7.5.)$$

Mértékegysége a kandela/négyzetméter (cd/m^2).

Színhőmérséklet: Egy ideális sugárzó anyag (fekete test) fokozatos melegítés hatására különböző hőmérsékleteken különböző színű fényt bocsát ki. Egy lámpa **színhőmérséklete az a hőmérséklet**, amelyre a **fekete testet** fel kell melegíteni ahhoz, hogy ugyanolyan spektrumot és ugyanolyan színű fényt bocsásson ki, mint a kérdéses lámpa. Mértékegysége: K (Kelvin).

"Ra" színvisszaadási index: Megadja, hogy egy fényforrás milyen hűen tudja visszaadni a színeket. Ez a képesség a fényforrás spektrális energiaeloszlásától függ. A színvisszaadási index és a színhőmérséklet között nincs szoros összefüggés: egészen eltérő spektrális energiaeloszlási görbék képesek hasonló színhőmérsekleteket produkálni, egészen eltérő színvisszaadások mellett.
Az "Ra"-t 8 színmintán alapuló IEC színvizsgálati módszerrel lehet meghatározni:

a) Minden színmintára kiszámítjuk az adott fényforrás színhőmérsékletével azonos színhőmérsékletű fekete test színéhez képest adódó színeltérés százalékos értékét.
b) A kapott 8 érték számtani középértéke az "Ra" színvisszaadási index. Az izzólámpa egyértelműen kiváló színvisszaadású a színvisszaadási indexe 100, a fénycsövek, kompakt fénycsövek és halogén lámpák kicsit gyengébb színvisszaadással bírnak. A higanylámpák, és nátriumlámpák fénye mellett jelentős színtorzulással lehet számolni.

7.2. Fényforrások

A wolframszálas izzólámpák hőmérsékleti sugárzók. A fénykibocsátásuk azon alapul, hogy az elektromos áram hőhatása miatt felmelegedő izzószál a hőmérséklettől függő elektromágneses sugárzást bocsát ki. Az izzószál hőmérséklete **2000-3000 K** között van, a kibocsátott sugárzás jelentős része az infravörös tartományba, kisebb része a látható fény tartományába esik. Ez magyarázza, hogy az izzólámpa gazdaságtalan: nagy felvett elektromos teljesítményhez kis fényáram tartozik, **rossz a fényhasznosítás**. Olcsósága és kedvező világítástechnikai tulajdonságai miatt ma még igen elterjedt, de az Európai Unió környezetvédelmi okokból célul tűzte ki a forgalomból való kivonását 2015-re. Általában 15 és 150 W teljesítményhatárok közötti izzólámpák készülnek, élettartamuk **kb. 1000 óra**. Lényeges tudnivaló, hogy az izzólámpák élettartamára a hálózati feszültség megemelkedése rendkívül kedvezőtlen hatással van, már 10% túlfeszültség is a felére csökkenti a lámpa élettartamát.

A halogénlámpák az izzólámpák továbbfejlesztett, **miniatürizált változatai**. **Ugyanúgy** egy **wolfram izzószál** bocsátja ki bennük a fényt, mint a hagyományos izzóban, de ezt nem üvegbúra, hanem **kvarcból készült burkolat veszi körül**, ami nem olvad meg az izzószál közelében a nagy hőmérséklet miatt. Így lehet kisméretű izzót készíteni. A másik újítás, hogy **halogén gázzal van töltve** az izzó. A halogén gázok a wolframszálból elpárolgó atomokkal reakcióba lépnek. A keletkezett vegyület az **izzószál környezetében elbomlik** és a wolfram lerakódik a melegebb részeken. Ez a körfolyamat növeli az izzószál élettartamát, **lehetővé teszi az izzószál hőmérsékletének emelését,** ami kedvez a fényhasznosításnak, de növeli a kibocsátott UV sugárzást is.

A **lakásvilágításban háromféle halogénlámpa** terjedt el. Az általános célú **kisfeszültségű** halogénlámpák általában **12 V** feszültségről működnek és rendszerint 10 és 50 W közötti a teljesítményük. Az ilyen lámpákhoz készült lámpatestek **transzformátort** is tartalmaznak. A hidegtükrös halogénlámpák felépítése az általános célú lámpákkal megegyezik, azonban a lámpa mögé egy olyan tükröt szerelnek, amely a fénysugarakat előre vetíti, a hősugárzást hátrafelé átengedi.

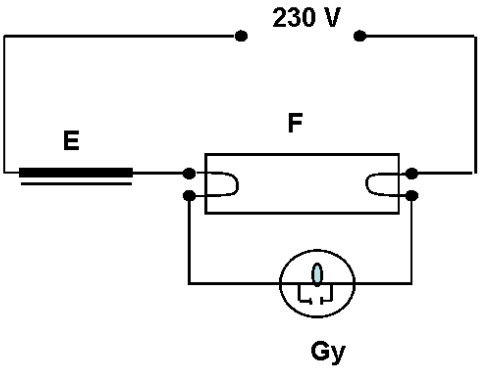
A **hidegtükrös halogénlámpák** különböző szélességű fénynyalábot bocsátanak ki. A 20 W-os alaptípus pl. 10° sugárzási szög mellett 2 m távolságból 35 cm átmérőjű, 1400 lux megvilágítású fényfoltot hoz létre. Ugyanilyen távolságból a 17°-os változat 60 cm átmérővel 440 luxot, a 30°-os kivitelű 110 cm átmérővel 150 luxot állít elő. A **halogénlámpák élettartama általában 2000 óra**.

A hagyományos fénycsövek (többnyire reklám célokra) vékony, alacsony nyomású gázzal töltött üvegcsövek, melyek végein elektródák találhatóak. Nagyfeszültség hatására a csőben található gáz gerjesztődik és fényleni kezd. A **háztartásokban is használatos fénycsövek higanygőzzel vannak töltve,** mely UV fényt (253,7 nm) bocsát ki magából. Az UV fény gerjeszti a fénycső falán lévő fényport, ami a látható fényt adja. Természetesen **az UV fényt a fénycső üvege nem engedi át.** A régebben elterjedt 20, 40, 65 W-os típusokat egyre inkább felváltják a vékonyabb, de egyébként a régiekkel minden szempontból cserélhető 18, 36 és 58 W-os típusok.

A fénycsövek működtetéséhez egy **áramkorlátozó előtétre és egy gyújtóra** van szükség, amely biztosítja az elektródák feltöltését és a gyújtás pillanatában szükséges

magas feszültséget az elektródák közt. A régi típusú gyújtók okozták a fénycsövek kellemetlen villogását, de ezt a negatívumot az új típusokkal már sikerült kiküszöbölni.

A 7. 3. ábrán a hagyományos fénycső kapcsolási rajza látható.



7.3. ábra. F: fénycső, E: áramkorlátozó előtét, Gy: gyújtó

A kompakt fénycső a fényt ugyanúgy kelti, mint a hagyományos. Belsejében, akárcsak a fénycsőben, **higany és nemesgáz van**, az üvegburát belül **fénypor** fedi. A kompakt lámpák bevezethetőségét a ritkaföldfémekkel aktivált fényporok megjelenése tette lehetővé. Ezek a fényporok jobban hasznosítják az energiát (nagyobb hatásfokkal alakítják át az **UV-sugárzást** látható fénnyé és jobb (az izzólámpáét megközelítő) a színvisszaadásuk, s sokkal jobban terhelhetők, mint a hagyományos, úgynevezett **halofoszfát-fényporok**. Ez utóbbi tulajdonságuknak köszönhető, hogy az új fényporokkal **csökkenthették a kisülőcsövek átmérőjét**. Ellentétben a nagy fénycsövekkel, amelyeknek előtéttel és gyújtással felszerelt lámpatestekre van szükségük, az **adapterrel** egybeépített, **kompakt fénycsövek egyszerűen becsavarhatók az izzólámpa helyére**.

Az **adapterek kétfélék lehetnek**, **indukciós rendszerűek** vagy **elektronikusak**. Az indukciós adapternél az elektromos veszteség nagyobb, 2,5-5 watt közötti, míg az elektronikus megoldásnál 0,2-2 wattnyi legfeljebb a veszteség. Az elektronikus előtéttel egybeépített kompakt fénycsőnél a villódzás teljesen eltűnt, és azonnal gyújtanak.

A kompakt lámpa előnyei:

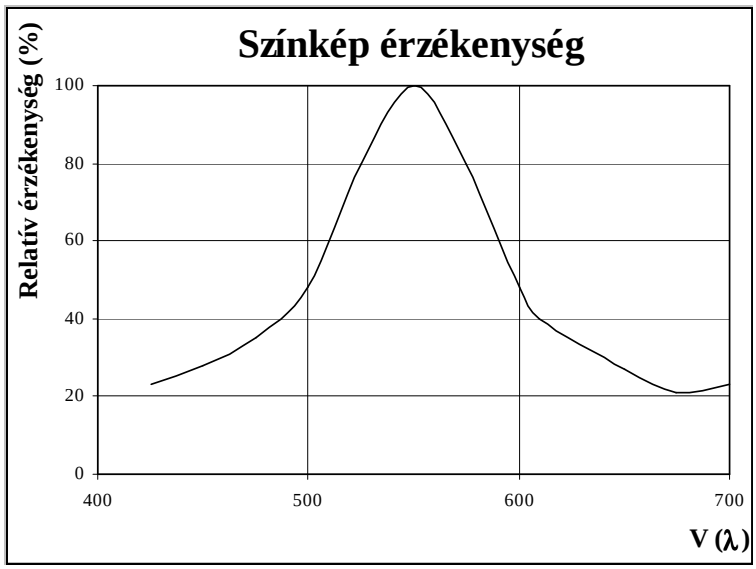
- kitűnő fényhasznosítás, 4-6-szor jobban hasznosítja az energiát, mint az izzólámpa,
- hosszú élettartam (8-10-szer hosszabb, mint az izzólámpáé),
- környezetbarát, az izzólámpával összehasonlítva ugyanannyi fény előállításához negyedannyi energiát igényel,
- kis teljesítmény egységekben készül, kevesebb hő, kisméretű lámpatest,
- kellemes, meleg fényszín, jó színvisszaadás

7.1. Táblázat**. Ajánlott megvilágítás értékek (1 lx = 1 cd*sr/m^2)**

Iskola		**Iroda**	
Előadó-, tornaterem	100 – 300 lx	Fogadószoba	200 – 750 lx
Osztályterem	200 – 750 lx	Írnoki munka	700 – 1500 lx
Labor, könyvtár	500 – 1500 lx	Gépelés	1000 – 2000 lx
Kórház		**Üzem**	
Betegszoba, raktár	100 – 200 lx	Csomagolás, folyosó	150 – 300 lx
Vizsgáló szoba	300 – 750 lx	Futószalagnál	300 – 750 lx
Műtő, ambulancia	750 – 1500 lx	Minőségi ellenőrzés	750 – 1500 lx
		Elektronikus szerelés	1500 – 3000 lx
Üzlet		**Szálloda**	
Lépcsőház, folyosó	150 – 200 lx	Közös helyiség, ruhatár	100 – 200 lx
Kirakat	750 – 1500 lx	Recepció, pénztár	200 – 1000 lx
Kirakat kívülről	1500 – 3000 lx		

ESZKÖZÖK, A MÉRÉS MENETE

- Alkalmazott fényforrások:
    - Hagyományos wolframszálas izzólámpa,
    - Halogén töltésű spotlámpa,
    - Kompakt higanygőz lámpa 50 Hz-es és nagyfrekvenciás táplálással
- Mérőműszerek MX-25 104: Luxmérő, Fototranzisztor+kombinált műszer,



7.4. ábra. A digitális mérőműszer fototranzisztorának színképi érzékenység eloszlása.

7.6. Wolframszálas izzó

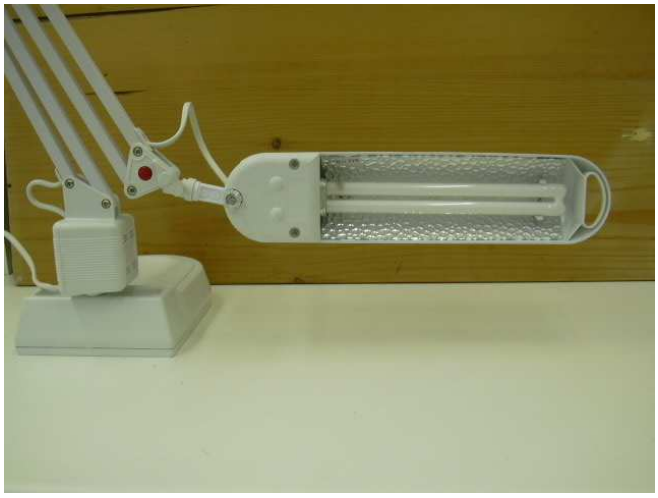
7.7. Halogén izzó

7.8. Kompakt

7.9. Fényvető, wolfram

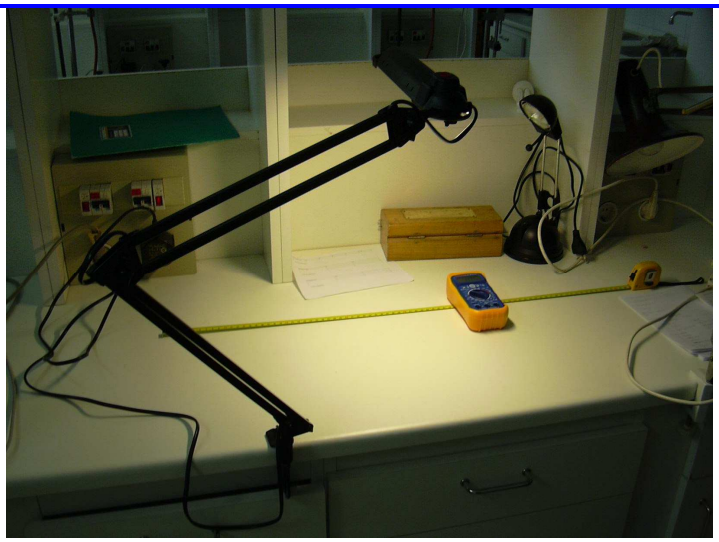
7.10. Fényvető Kompakt

7.11. Lámpatest, fényvető Halogén



7.12. Lámpatest, fényvető Hg

7.13. Lux mérő



7.14. DMM fénymérőként

7.15. Oldalról W

7.16. Oldalról halogén

7.17. Oldalról kompakt

7.18. Folt W

7.19. Folt halogén

7.20. Folt Hg

Részletesen a következő helyeken lehet utánanézni a témának:

Alapismeretek:

Arató András okl. villamosmérnök**:** http://mek.oszk.hu/00500/00572/html/index.htm
Wikipédia: Fényforrások; http://hu.wikipedia.org/wiki/Izz%C3%B3l%C3%A1mpa
Mozaik Kiadó, Fényforrások; http://www.mozaik.info.hu/MozaWEB/Feny/p1411.htm

Általános világítástechnikai információk: Lightworld; http://www.lightworld.com The Lighting Resource; http://www.light-link.com/
Világítástechnikai számítások LBL Radiance homepage; http://radsite.lbl.gov/radiance/HOME.html Ledalite's Lighting Calculator; http://www.ledalite.com/calc/calc.htm Lightscape; http://www.lightscape.com/

FELADATOK, EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

1. Állapítsa meg a kiadott lámpák elektromos adatait (feszültség, felvett elektromos teljesítmény, alkalmazott frekvencia)!
2. Mérje meg a különböző fizikai alapokon működő lámpák intenzitását azonos távolságból! A kapott adatokat számolja át azonos elektromos teljesítményre!
3. Mérje meg a halogén spotlámpa és becsavarható kompakt higanygőz lámpa esetében az intenzitás távolság függését (60, 50, 40, 30, 20 cm) a lámpa hossztengelye irányában!
4. Mérje meg az előző lámpák esetében, 40 cm távolságban a lámpa hossztengelyére merőleges síkban a fény intenzitás eloszlását!
5. Ábrázolja az intenzitás eloszlás-távolság és az intenzitás eloszlás-hely függvényeket!
6. Mérje meg a tanteremben középen az összes felső világítás esetében a megvilágítás erősségét, és mérje meg ezt a tanterem ablakpárkányán is!
7. Vesse össze az összes adatot az elméletben tanult ismeretekkel!
8. A 40, 60, 75, 100 W-os izzókat rendre 9, 13, 15, 20 W-os kompakt fénycsővel helyettesíthetjük azonos fényáram, tehát azonos komfortérzet mellett. A táblázatban feltüntetett adatok segítségével számolja ki, hogy mekkora megtakarítást jelent a 13 W-os kompakt fénycső alkalmazása az élettartama alatt.

13 W-os kompakt fénycső					60 W-os hagyományos izzólámpa						Az élettartam alatti megtakarítás [Ft]
Élettartam, [h]	Átlagár [Ft/db]	Összes fogyasztás [kWh]	Áramdíj (24Ft/kWh) [Ft]	Összes költség [Ft]	Élettartam, [h]	Átlagár [Ft/db]	Összes lámpa ára [Ft]	Összes fogyasztás [kWh]	Áramdíj (24Ft/kWh) [Ft]	Összes költség [Ft]	
3000	800				1000	80					

Fényforrás	*U*	*P*	*f*	*I*	*I / P*

Fényforrás	*h*	*I*

KÉRDÉSEK

1. Mit nevezünk fényforrásnak?
2. Hogyan osztályozzuk a mesterséges fényforrásokat a fénygerjesztés módja alapján?
3. Az emberi szem az elektromágneses sugárzás milyen tartományán érzékeli a fényt?
4. Mi a különbség a világosra és a sötétre adaptált szem láthatósági függvénye között?
5. Definiálja a fényáramot, és adja meg az egységét!
6. Definiálja a fényhasznosítást és adja meg az egységét!
7. Definiálja a térszöget, adja meg az egységét!
8. Definiálja a fényerősséget, és adja meg az egységét!
9. Definiálja egy lámpa színhőmérsékletét!
10. Mit fejez ki az“Ra” színvisszaadási index?
11. Milyen sugárzó a wolframszálas izzólámpa?
12. Mennyi a wolframszálas izzólámpa izzószálának a hőmérséklete üzem közben?
13. Hogyan minősíti a fényhasznosítás szempontjából a wolframszálas izzólámpákat, és miért?
14. Mennyi átlagban egy wolframszálas izzólámpa élettartama?
15. Mi a hasonlóság és a különbség a hagyományos wolframszálas izzólámpa és a halogén lámpa között?
16. Hogyan épül fel a halogénlámpák fényvetője?
17. Mennyi átlagban egy halogénlámpa élettartama?
18. Milyen töltésűek a háztartásokban is használatos fénycsövek?
19. Milyen elektromos alkatrészek kellenek a fénycsövek működtetéséhez?
20. Készítse el hagyományos fénycső kapcsolási rajzát!
21. Milyen spektrális tartományú sugárzást bocsát ki döntő mértékben a higanygőz kisülés?
22. Mi a hasonlóság és a különbség a hagyományos és a kompakt fénycső között?
23. Milyen töltése van a kompakt fénycsőnek?
24. Mi tette lehetővé, hogy csökkenthették a fejlesztések során a kisülőcsövek átmérőjét?
25. Milyen felépítésbeli tulajdonsága teszi egyszerűen használhatóvá a kompakt fénycsöveket?
26. Mi az előnye a kompakt fénycsöveknek az izzólámpákhoz képest?
27. Mi az előnye a kompakt fénycsöveknek a régebbi típusú fénycsövekhez képest?
28. Mi van a kompakt fényforrásban, ami fényt bocsát ki az átfolyó elektromos áram hatására?
29. Mi a szerepe a higanygőzzel működő fényforrásokban a fényporoknak?
30. Milyen alapvető különbség van a higanygőz kisülési csövek esetében az adapterek között?
31. Melyik adapter esetében nagyobb az elektromos veszteség, az indukciós rendszerűeknél vagy az elektronikusoknál?
32. Sorolja fel a kompakt lámpa előnyeit!

Német Béla, Szász János
Pécs, 2008. március 15.