

**НАЦИОНАЛНА ПРОГРАМА  
„ПРОФЕСИОНАЛНО ОБРАЗОВАНИЕ И ОБУЧЕНИЕ“  
МОДУЛ В  
„РАЗРАБОТВАНЕ НА ЕЛЕКТРОННИ УЧЕБНИ ПОМАГАЛА“**

# **УЧЕБНО ПОМАГАЛО ПО ОСВЕТЛЕНИЕ**

**ЗА УЧЕНИЦИ ПО ПРОФЕСИОНАЛНА ПОДГОТОВКА**

**УЧЕБЕН ПРЕДМЕТ: ОСВЕТЛЕНИЕ**

**ПРОФЕСИЯ „ЕЛЕКТРОТЕХНИК“**

**СПЕЦИАЛНОСТ „ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ИНСТАЛАЦИИ“**

**РАЗРАБОТЕНО ОТ АВТОРСКИ ЕКИП КЪМ ПРОФЕСИОНАЛНА  
ГИМНАЗИЯ „ЦАР ИВАН АСЕН II“, ГР. АСЕНОВГРАД**

**НАЦИОНАЛНА ПРОГРАМА  
„ПРОФЕСИОНАЛНО ОБРАЗОВАНИЕ И ОБУЧЕНИЕ“  
МОДУЛ В  
„РАЗРАБОТВАНЕ НА ЕЛЕКТРОННИ УЧЕБНИ ПОМАГАЛА“**

# **УЧЕБНО ПОМАГАЛО ПО ОСВЕТЛЕНИЕ**

**ЗА УЧЕНИЦИ ПО ПРОФЕСИОНАЛНА ПОДГОТОВКА**

**УЧЕБЕН ПРЕДМЕТ: ОСВЕТЛЕНИЕ**

**ПРОФЕСИЯ „ЕЛЕКТРОТЕХНИК“  
СПЕЦИАЛНОСТ „ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ИНСТАЛАЦИИ“**

**АВТОРСКИ ЕКИП:**

**ИНЖ. НЕДЯЛКА ДИМИТРОВА ИЛЧЕВА**

**ИНЖ. ЕВАНГЕЛОС НИКОЛАОС АХЦИС**

**ИНЖ. Д-Р АЛЕКСАНДЪР ПЕТРОВ АНГЕЛОВ**

**ИНЖ. МАРИЯ ДИМИТРОВА ЙОНЧЕВА**

**КОРЕКТОР: АНТОНИЯ МИХАЙЛОВА ТОНЧЕВА**

**ВЪНШНИ ОЦЕНИТЕЛИ:**

**ДЕСИСЛАВА КОСТАДИНОВА ДЖАМБОВА**

**ГЕОРГИ КОСТОВ ГЕОРГИЕВ**

**СТАНИМИР БЛАГОЕВ СТЕФАНОВ**

**София, 2021**

**СЪДЪРЖАНИЕ**

АНОТАЦИЯ.....	стр. 5
Въведение.....	стр. 6

**РАЗДЕЛ I. Основни понятия в осветителната техника**

ТЕМА 1. Същност на светлината .....	стр. 7
ТЕМА 2. Начини на светлинно излъчване.....	стр. 13
ТЕМА 3. Светлинни свойства на материалите.....	стр. 20
ТЕМА 4. Основни светлинни величини.....	стр.25
ТЕМА 5. Особенности на зрителния процес.....	стр. 30
ТЕМА 6 .Фотоизмервателни апарати.....	стр. 33
Тест № 1.....	стр. 38

**РАЗДЕЛ II. Електрически източници на светлина**

ТЕМА 7. Видове лампи с нажежаема спирала.....	стр. 40
ТЕМА 8. Устройство и принцип на действие на лампи с нажежаема спирала .....	стр. 45
ТЕМА 9. Устройство и принцип на действие на луминесцентните лампи.....	стр. 49
ТЕМА 10. Пусково-регулираща апаратура .....	стр. 54
ТЕМА 11. Схеми на свързване на луминесцентни лампи .....	стр. 57
ТЕМА 12. Компактна луминесцентна лампа (КЛЛ).....	стр. 61
ТЕМА 13. Живачни лампи .....	стр. 64
ТЕМА 14. Метал-халогенни лампи с високо налягане .....	стр. 69
ТЕМА 15. Натриеви лампи .....	стр. 73
ТЕМА 16. LED източници на светлина .....	стр. 77
ТЕМА 17. Схеми на свързване на LED светодиоди .....	стр. 83
ТЕМА 18. Светодиодни ленти.....	стр. 86
ТЕМА 19. Лампи със сензор за движение .....	стр. 90
ТЕМА 20. Соларни системи за осветление .....	стр. 96
Тест № 2.....	стр. 101

**РАЗДЕЛ III. Осветителни тела**

ТЕМА 21. Елементи на осветителното тяло. Класификация.....	стр. 105
ТЕМА 22. Условни графични означения и параметри на осветителните тела .....	стр. 111

ТЕМА 23. Осветителни тела за жилищни и административни сгради.....	стр. 116
ТЕМА 24. Промислени осветителни тела .....	стр. 120
ТЕМА 25. Прожектори. Конструктивни особености, приложение.....	стр. 125
ТЕМА 26. Улични осветителни тела.....	стр. 130
Тест № 3 .....	стр. 135

#### **РАЗДЕЛ IV. Осветителни уредби**

ТЕМА 27. Общи сведения за осветителните уредби .....	стр. 138
ТЕМА 28. Системи за осветление .....	стр. 141
ТЕМА 29. Заземяване и зануляване на осветителни уредби.....	стр. 145
ТЕМА 30. Осветителни уредби в жилищни и обществени сгради .....	стр. 151
ТЕМА 31. Осветителни уредби в промишлени сгради .....	стр. 156
ТЕМА 32. Аварийно и евакуационно осветление. Изисквания.....	стр. 160
ТЕМА 33. Уредби за специално осветление .....	стр. 166
ТЕМА 34. Контрол и управление на осветлението с DALI .....	стр. 170
ТЕМА 35. Здравословни и безопасни условия на труд при обслужване и експлоатация на осветителни уредби.....	стр. 175
Тест № 4. ....	стр. 179
Използвана литература .....	стр. 182

### Анотация

Учебното помагало отговаря напълно на съдържанието на учебната програма по учебен предмет „Осветление“ на МОН, утвърдена през 2020 г. и е предназначено за ученици, които се обучават във всички форми на обучение по специалност код 5220109 „Електрически инсталации“ от професия код 522010 „Електротехник“ от професионално направление код 522 „Електротехника и енергетика“ от списъка на професиите за професионално образование и обучение.

Учебното помагало е приложимо и за ученици, които се обучават по специалност код 5220210 „Електрически инсталации“ от професия код 522020 „Електромонтьор“.

Авторският екип е сформиран от Професионална гимназия „Цар Иван Асен II“ гр. Асеновград и включва учители, представители на бизнеса и на висши училища с доказан опит в професионалната област.

## Въведение

Там, където има човешка дейност, винаги има и светлина. Светлината от дълбока древност е жизненоважна част от живота на всеки един човек. Тя не само осветява дейността му, подпомага битието му, а и поддържа физическата му форма.

Изследванията показват, че все по-голяма част от живота ни в градска среда преминава в затворени помещения. Обучението и работата ни изискват все по-често комбинирането на изкуствена и естествена дневна светлина. И тук идва отговорната задача на осветлението. Доколко осветено ще е работното ни място, какви разходи ще са ни необходими за тази осветеност и защо тя е неразривно свързана с работния процес. От друга страна, все по-често говорим за безопасни и здравословни условия на труд, които изискват комфорт на всяко работно място, независимо от позиционирането му в пространството, спрямо прозорци, отоплителна и вентилационни системи и др. В глобален мащаб пък говорим за намаляване на вредните въглеродни емисии и опазване на околната среда, чрез спестяване на разходи от електричество.

Съвременните технологии в осветлението, целят осъществяване на изискванията за енергийна ефективност и грижа за окото и човешкото здраве. Науката все повече разкрива степента на влияние на осветлението върху човешкото тяло и психика.

Настоящото учебно помагало има за цел да запознае учениците с основните понятия, закони и тенденции в осветлението, да провокира мисленето и самоинициативността им, да изгради задълбочени и дълготрайни знания в сферата на осветлението. Учениците ще формират теоретични знания и практически умения за основните светлинни величини, електрическите източници на светлина и приложението на осветителните уредби в практиката. Учебното помагало отговаря напълно на съдържанието на учебната програма по учебен предмет „Осветление“ на МОН, утвърдена със заповед № РД 09 - 2262/10.09.2020г., и е предназначено за ученици, които се обучават във всички форми на обучение по специалност код 5220109 „Електрически инсталации“ от професия код 522010 „Електротехник“ от професионално направление код 522 „ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И ЕНЕРГЕТИКА“ от Списъка на професиите за професионално образование и обучение.

Учебното помагало е приложимо и за ученици, които се обучават по специалност код 5220210 „Електрически инсталации“ от професия код 522020 „Електромонтьор“.

## Раздел 1. Основни понятия в осветителната техника

### 1. Същност на светлината

**Светлината** представлява електромагнитно излъчване с дължина на вълната във видимия за човешкото око диапазон на електромагнитния спектър, приблизително от около 400 nm до около 750 nm.

Тя представлява поток от фотони, всеки от които притежава енергия:

$$E = h \cdot \nu$$

(където  $h$  е константа на Планк, а  $\nu$  честота на излъчване), и следователно светлината пренася енергия, равна на сумата от енергиите на всички фотони.

Основни характеристики на светлината от гледна точка на възприемане от човешкото око са: яркост, цвят и поляризация (при нормални обстоятелства човешкото око не може да я регистрира).

Яркостта е физична величина, характеризираща интензитета на светене на телата. Цветът на даден обект във възприятието на хората, е този на отразяваната или излъчвана от него видима светлина. Явлението, при което от сноп естествена светлина се отделят импулси, в които интензитетът на електричното поле трепти само в едно направление, се нарича поляризация. Поляризация се наблюдава не само при светлината, но и при всички електромагнитни вълни.

Светлината се разпространява праволинейно в еднородна среда или във вакуум. В това можем да се убедим като наблюдаваме светлината от фенерче в мъглива нощ или в тъмна стая (с пращен въздух). Същото важи и за светлина, която се промъква между клоните на дърветата в гората след дъжд, когато въздухът съдържа много водни пари. Във всички тези случаи се виждат праволинейни светлинни снопове.

Светлината не прониква зад непрозрачно тяло. Човек възприема формата на обектите чрез отразената или излъчената от нейната повърхност светлина.

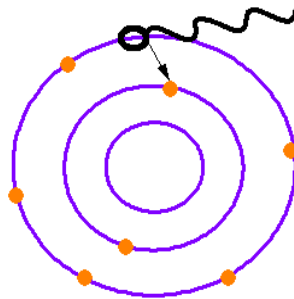
Съществуват различни видове източници на светлина, но те условно могат да се разделят в две категории - естествени и изкуствени.

Към **естествените източници** се причисляват слънцето, звездите, галактиките, светкавиците и други. Звездите са небесни тела, представляващи голямо кълбо газ, произвеждащо енергия чрез термоядрен синтез, чрез синтеза на водород или чрез получаване

на хелий. Получената енергия се разпространява в пространството под формата на електромагнитно излъчване. Галактиките са системи от звезди, междузвезден прах, тъмна материя и плазма. Светкавицата е електрически искров газов разряд, съдържащ огромна енергия, която се освобождава под формата на силно лъчение. Друг естествен източник на светлина е полярното сияние. То се наблюдава вследствие на взаимодействието на заредени частици от слънчевия вятър с магнитосферата и образува поразително красиви разноцветни светлини в небето.

Към **изкуствени източници** на светлина се причисляват всички изкуствени устройства, предназначени да преобразуват някакъв вид енергия в електромагнитни излъчвания от оптичния диапазон на спектъра. Такива източници са електрическите лампи, луминесцентните лампи, светодиоди и др. В зависимост от конструкцията и мощността различните видове светлинни източници имат характерни светло разпределителни криви.

**Фотонът** е елементарна частица, преносител на електромагнитно излъчване, която непрекъснато се движи със скоростта на светлината и не може да бъде спряна. Тя притежава свойствата на частица и вълна едновременно. Във вакуум се движи със скоростта на светлината и има нулева маса в покой (Фиг. 1.1).

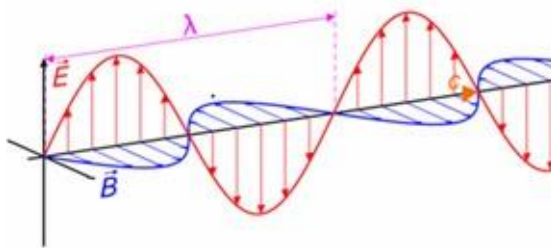


Фиг. 1.1. Фотон

**Кванта** е най-малкото възможно и неделимо количество енергия дадено или получено от електрон. Светлината се излъчва на порции (кванти), пропорционални на честотата на вълната.

**Електромагнитното излъчване** наричано още електромагнитни вълни представлява разпространяваща се през пространството вълна с електрическа и магнитна компонента (Фиг. 1.2).





**Фиг. 1.2. Електромагнитно излъчване (14)**

$\lambda$ - дължина на вълната,  $E$ - интензитет на електрическото поле,  
 $B$ - индукция на магнитното поле

### Вълнов модел електромагнитно излъчване

Важен аспект на вълновата природа на светлината е честотата. Честотата на вълна е степента ѝ на трептене. Тя се измерва в единица от системата SI, наречена херц (Hz). Във вакуум всички електромагнитни вълни имат една и съща скорост -  $2,99792458\text{m/s} \approx 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ .

Скоростта на електромагнитната вълна е равна на  $c = \lambda \cdot \nu$ , където  $\lambda$  е дължина на вълната, а  $\nu$  е честотата на вълната.

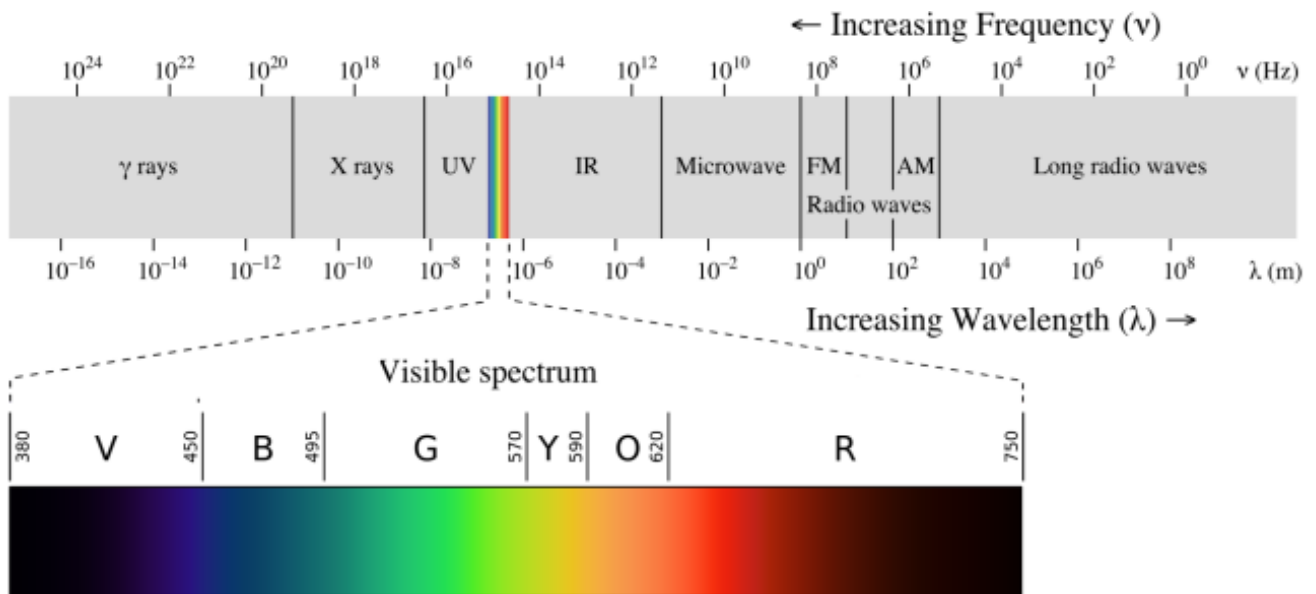
Дължината( $\lambda$ ) и честотата( $\nu$ ) са обратно пропорционални когато  $\lambda$  намалява,  $\nu$  се увеличава и така произведението им винаги е константа. Вълните могат да се опишат и с тяхната енергия на излъчване (лъчиста енергия).

### Корпускулярен (квантов) модел

Електромагнитно излъчване се квантува като частици, наречени фотони. Квантовият модел представя светлината като дискретни порции (пакети) енергия, които образуват излъчването. Големината на енергията на фотоните зависи от честотата на излъчването. Тъй като тези порции енергия се излъчват и поглъщат от други заредени частици, фотоните играят ролята на преносители на енергия.

### Електромагнитен спектър

Електромагнитните излъчвания (Фиг. 1.3.) се разделят, според дължината на вълната: радио вълни, микровълни, инфрачервено излъчване, видима светлина, ултравиолетово излъчване, рентгеново излъчване и гама-излъчване.



Фиг. 1.3. Електромагнитен спектър [25]

**Радиовълните** (radio waves) с дължини на вълната от стотици метри до около 1 милиметър, служат за предаване на данни, чрез телевизията, мобилните телефони, безжичните мрежи, радиолюбителските комуникации и се предават чрез радиоантени с подходящи размери (според принципа на резонанса).

**Микровълните** (micro waves) имат втората най-дълга дължина на вълната. Те могат да бъдат опасни. Микровълново лъчение с малък интензитет се използва при безжичните телекомуникации. Микровълните могат да причинят интерференция (смущения) на не добре екранирани електромагнитни устройства като мобилни медицински апарати и евтина потребителска електроника.

**Инфрочервени вълни** (IR) са това електромагнитното излъчване, което чувстваме като топлина. Използва се в термичните изображения и в технологиите за нощно виждане. Инфрочервената връзка се използва и при комуникация с оптични влакна. Твърде много инфрочервени лъчи могат да причинят изгаряния върху кожата ни.

**Видимата светлина** е тесният обхват на електромагнитното излъчване, който можем да видим. Видимата светлина има редица приложения, включително в оптичната телескопия и микроскопия.

**Ултравioletовото** лъчение (UV) е причината за тена на кожата ни. Може да доведе до повишен риск от рак на кожата, поради което лекарите препоръчват да се носи слънцезащитен крем в слънчеви дни.

**Рентгеновите лъчи** (X rays) обикновено се използват за визуализация на изображения в

областта на медицината и сигнално-охранителната техника. Рентгеновите лъчи са много проникващи, което означава, че са трудни за спиране, и това им позволява да се използват за създаване на изображения на кости. Те се абсорбират само от плътен материал, като кост и метал и могат лесно да пътуват през мека тъкан.

**Гама лъчите** ( $\gamma$  rays) са най-енергийните електромагнитни вълни. Имат най-късата дължина на вълната и най-високата честота. Те са изключително йонизиращи и проникващи. Могат да бъдат много опасни за човешкото здраве и са свързани, както с развитието на рак (карцином), така и с неговото лечение. Гама лъчите увреждат клетките и когато раковите такива са изложени на гама-лъчение, те се повреждат и могат да бъдат убити. Това може да помогне за спиране на разпространението на рак.

Трябва да отбележим факта, че няма точно определени граници между видовете електромагнитно лъчение. Някои дължини на вълните са смесица от свойствата на две области на спектъра. Например червената светлина наподобява инфрачервеното лъчение, при това тя може да резонира някои химически връзки.

Почти всички обекти във вселената излъчват, отразяват и/или пропускат някаква светлина. Разпределението на тази светлина в електромагнитния спектър (наричано спектър на обекта) се определя от състава на обекта. Спектърът на всеки обект е два вида: емисионен спектър, който се излъчва и абсорбиционен спектър, който се отразява, пропуска или поглъща.

### Основни параметри на електромагнитните вълни

Основните параметри на електромагнитните вълни са показани на (Фиг. 1.4).



**Фиг. 1.4. Основни параметри на електромагнитните вълни** (26)

**Амплитуда (A)** - максималната стойност на E (Фиг. 1.4.)

**Дължината на вълната ( $\lambda$ )** - разстоянието между две най-близки (съседни) точки по

оста  $x$ , за които интензитетът  $E$  в даден момент от време ( $t = \text{const}$ ) е максимален. (фиг. 1.4.)

**Период на вълната ( $T$ )** - времето, за което вълната изминава разстоянието  $\lambda$

**Честота на вълната ( $\nu$ )** - дефинира се като реципрочната стойност на периода  $T$ :  $T = 1/\nu$

**Скоростта** на електромагнитната вълна се дефинира като  $c = \nu \cdot \lambda$

Скоростта на светлината във вакуум е важна константа и нейната стойност е 299 792 458 m/s, но за улеснение при различни пресмятания се приема  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s.

**Константа на Планк** - константата на Планк установява пропорционалната връзка между енергията на електромагнитното излъчване и нейната честота. Тя се изразява чрез формулата:

$$E = h \cdot \nu$$

където:

$E$  - е погълната или излъчена енергия във всеки процес на електромагнитно взаимодействие.

$h = 6\,626\,068\,91(58) \times 10^{-34}$  J.- е константна величина, константа на Планк

$h$  - еднаква за всички трептения

$\nu$  - е честота на излъчване

### Въпроси и задачи

**Задача 1.** Да се изчисли енергията на един фотон, ако честотата е  $2,00 \cdot 10^{22}$  Hz

**Задача 2.** Дължината на вълната на оранжевата светлина е около 590 - 635 nm, а дължината на вълната на зелената светлина е около 520 - 560 nm. Кой цвят има по-висока енергия?

## 2 . Начини за светлинно излъчване

### Топлинно излъчване

Топлинно излъчване има всяко тяло с температура  $T$ , по-висока от абсолютната нула, т.е. при  $T > 0^\circ\text{K}$  ( $-273^\circ\text{C}$ ), и е съпроводено с излъчване на енергия в пространството. Излъчването е топлинно, когато източник на излъчване е топлинната енергия на тялото. В зависимост от поглъщателните и излъчвателните характеристики, телата биват три групи:

**Абсолютно черно тяло (АЧТ)** - Изцяло поглъща попадналата върху него електромагнитна вълна. Терминът **абсолютно черното тяло** е идеализиран модел, използван в термодинамиката и представлява тяло в термодинамично равновесие (има изотропно излъчване), което поглъща електромагнитното излъчване в целия диапазон (всички дължини на вълната) и не отразява нищо. То може да излъчва вълни с всякаква дължина на вълната и визуално има цвят. Спектърът на излъчване зависи единствено от неговата температура. Терминът е въведен от Кирхоф през 1862 г.

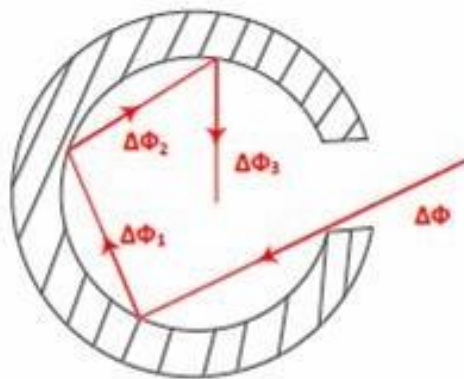
**Сиви тела** - Тяло (повърхност) с постоянни спектрални свойства. Поглъщателните способности за всяка дължина на вълната са еднакви. В практиката не се срещат такива обекти. Много тела обаче в голяма степен се доближават до модела на сиво тяло.

**Избирателни (селективни) тела** - При тях ефикасността на поглъщане и излъчване зависи от дължината на вълната.

### Основни закони на топлинно излъчване

Вътрешната повърхност на абсолютно черното тяло е черна. То поглъща изцяло попадащата върху него енергия. След нагряване абсолютно черното тяло отделя топлина.

На Фиг. 2.1 е показано поглъщане на светлинния поток  $\Delta\Phi$  на абсолютно черното тяло от многократните отражения.



Фиг. 2. 1. Модел на абсолютно черно тяло (4)

**Закон на Кирхоф:** Ефикасността на излъчване изразява способността на предмета да излъчва топлинна радиация, величина, която варира между 0 (никакво излъчване) и 1 (най-високото възможно излъчване). Коефициента на поглъщане  $\alpha$  на даден предмет изразява способността на предмета да поглъща падащата радиация. Тя се определя по следния начин:

$$\frac{R_1}{\alpha_1} = \frac{R_2}{\alpha_2} = \dots = R_s$$

където:

$R_1, R_2, \dots, R_s$ , - са съответно плътностите на излъчване на абсолютно черно, които имат еднаква температура  $T$ .

$\alpha$  - е коефициент на поглъщане на реални тела при температура  $T$ .

**Закон на Стефан-Болцман:** Обяснява температурната зависимост на интензивността на топлинната радиация, излъчвана от даден обект. Тя се повишава значително с повишаване на абсолютната температура  $T$ , в градуси по Келвин (K). Излъчвателната способност  $R_s$ , която представлява силата на излъчване от повърхността на даден предмет и се измерва във  $W/(m^2)$  се дава от следната зависимост:

$$R_s(T) = \sigma \cdot T^4$$

където:

$\sigma = 5,672 \cdot 10^{-8} Wm^{-2}(K)^{-4}$  - е константа на Болцман.

**Закон на Вин:** За всяка температура има дължина на вълната (честота), при която се получава максимална енергия на излъчване. Уравнение, което дава възможност да се изчисли дължината на вълната на максималната интензивност  $\lambda_{max}$  на спектъра на излъчване на едно черно тяло в зависимост от температурата  $T$ :

$$\lambda_{max} \cdot T = C$$

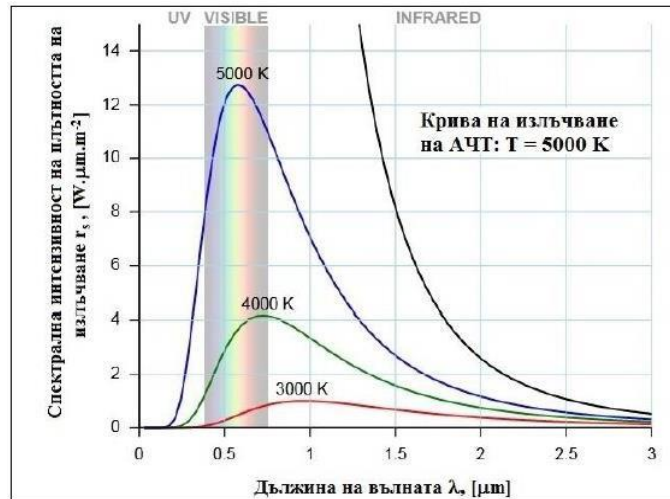
където  $C = 2900 \text{ nm}$ .

**Основните изводи** от законите на топлинно излъчване са:

- при увеличаване на температурата на излъчващото тяло, рязко се увеличава неговият лъчист поток, като едновременно с това се изменя и спектъра му (Фиг. 2.2);

- при увеличаване на температурата, максимумът на спектралната интензивност на плътността на излъчване се изменя към по-късите вълни (ултравиолетовите) - (Фиг. 2.2);

- ако температурата на излъчвателя е в интервала  $T = (4760 \div 10000)\text{K}$ , максимумът се намира в зоната на видимите лъчи  $\lambda = (380 \div 770)\text{ nm}$

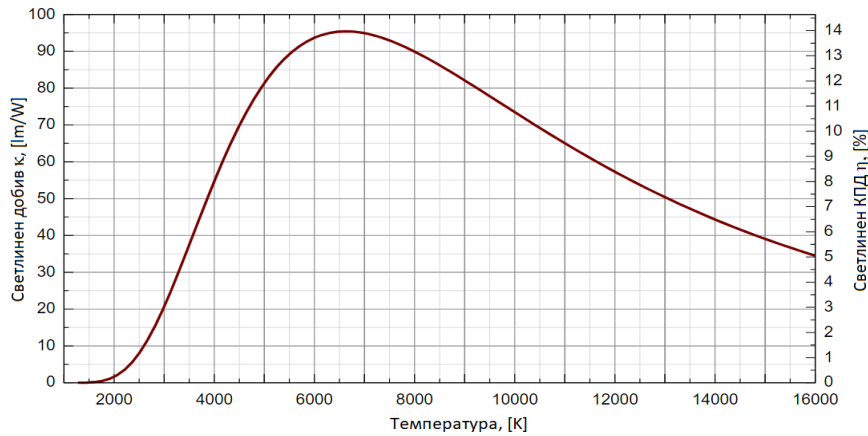


**Фиг. 2. 2. Спектрална интензивност на плътността на излъчване на абсолютно черно тяло при различни температури <12>**

**Цветна температура  $T_{цв}$  [K]** на светлинен източник е такава температура на АЧТ, при която неговата цветност съвпада с цветността на изследвания светлинен източник. Светлинните източници (лампи), които излъчват светлина само чрез топлинно излъчване, са нажежаемата лампа и нажежаемата халогенна лампа.

Светлинните показатели на топлинното излъчване се определят количествено чрез **светлинния коефициент на полезно действие** (светлинен КПД) -  $\eta$ , изразен в проценти - %. Той представлява отношението на излъчването, което попада във видимия спектър и коригирано със спектралната чувствителност на човешкото око  $V(\lambda)$ , към общия лъчист поток  $P\lambda$  на източника.

Зависимостта на светлинния КПД  $\eta$  от температурата на абсолютно черно тяло е показана на фиг. 2.3.



**Фиг. 2. 3. Зависимост на светлинния КПД и светлинен добив от температурата на абсолютно черно тяло (3)**

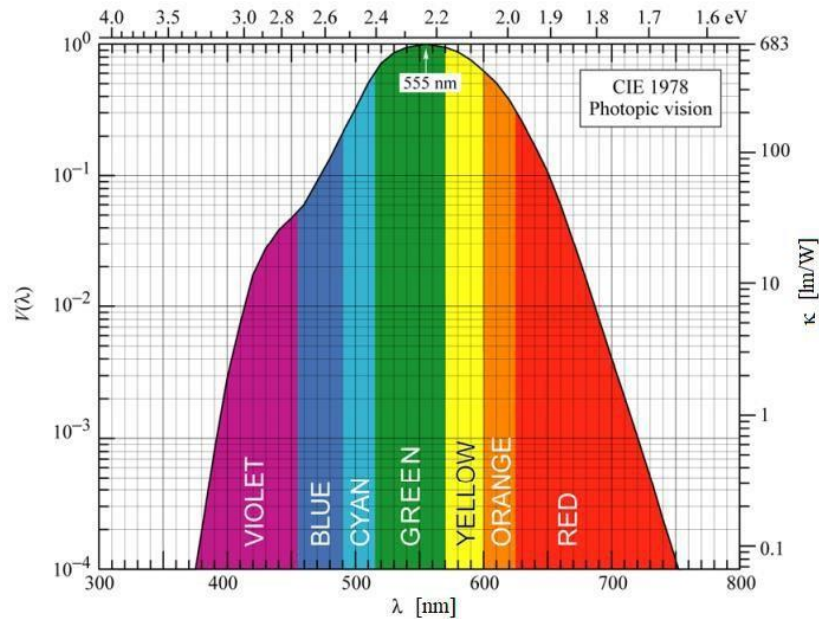
Максималната стойност за  $\eta$  се получава при температура  $T = 6500$  K, когато максимумът на кривата на спектрално излъчване се проявява при  $\lambda = 555$  nm, т.е. съвпада с максимума на  $V(\eta)$  (Фиг. 2.4). В този случай стойността е  $\eta = 14,5$  % и това представлява теоретично възможна максимална стойност на светлинния КПД на абсолютно черно тяло. Тази стойност е сравнително ниска за днешните изисквания за осветление с висока енергийна ефективност.

Важна характеристика на светлинните източници е **светлинния добив  $\kappa$** , който представлява отношението на излъчения от източника светлинен поток  $\Phi$  към консумираната мощност  $P$ :

$$\kappa = \frac{\Phi}{P}, \frac{lm}{W}$$

Чрез измервания е установено, че на еднороден лъчист поток с дължина на вълната  $\lambda = 555$ nm и мощност  $P = 1$  W, съответства светлинен поток  $\Phi = 683$  lm.





**Фиг. 2. 4. Относителна спектрална чувствителност на окото и светлинен добив при дневно виждане (6)**

### Луминесцентно излъчване

Луминесценцията се определя като допълнително излъчване към топлинното излъчване с продължителност около  $t=10^{-10}$ s (секунди). Различават се самостоятелно, принудително и рекомбинационно светене.

Рекомбинационно светене има при луминофорите. Луминофорите се поставят във вътрешността на стъкловидната тръба на някои лампи (луминесцентни и компактни луминесцентни лампи, някои живачни лампи и по-рядко на натриеви лампи и металхалогенни лампи). Те са сложни синтетични неорганични вещества с дефектна кристална решетка - фосфати, силикати, волфрамати и др. съединения на различни метали. Като активатори за нарушаване на еднородността на решетката се прилагат сребро (Ag), мед (Cu), манган (Mn) и различни соли, чрез които посредством термична обработка в луминофора се формира дупчеста проводимост. Източници на луминесцентно излъчване са тези, които излъчват светлина чрез луминесценция. Температурата им не е по-висока от  $40^{\circ}\text{C}$  и се наричат студени източници на светлина.

**Флуоресценция** - при нея, светлинното излъчване е в резултат на абсорбция на светлина или електромагнитно излъчване.

**Студена луминесценция** - при нея, светлинно излъчване се получава без да се загряват телата или при незначително загряване.

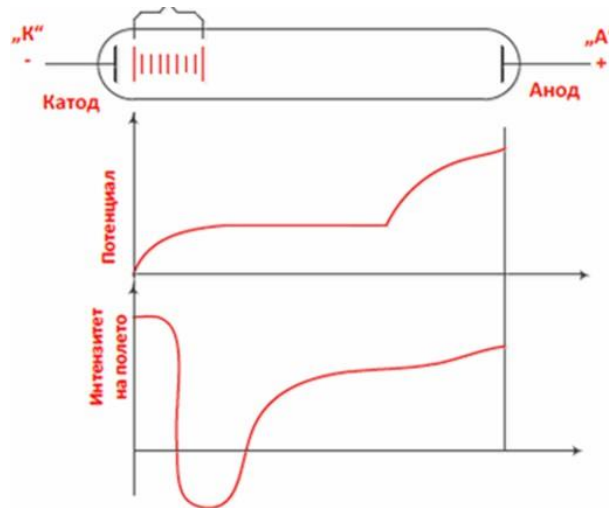
**Хемилуминесценция** - представлява светене, използващо енергията на химична реакция.

**Биолуминесценция** - представлява излъчване на светлина от живи организми. Може да се открие в някои видове насекоми като светулките, различни морски обитатели и дори някои видове гъби.

### Характеристики на електролуминесценцията

**Електролуминесценцията** е физическо явление, при което светещото тяло черпи енергия от електрическото поле.

Нека да разгледаме стъкловидна тръба с метални пари (например живачни лампи или натриеви лампи), която има два електрода: анод (А) и катод (К), положителни и отрицателни йони и свободни електрони, получени в резултат на външни йонизатори (ултравиолетово излъчване). При подаване на електрическо напрежение на двата електрода, през тръбата започва да протича електрически ток - **дъгов разряд**. В зависимост от големината на подаденото напрежение и на силата на външния йонизатор, по дължината на тръбата се изменят електрическият потенциал и интензитета на електрическото поле, както е показано на (Фиг. 2.5).



Фиг. 2. 5. Стъкловидна тръба с метални пари (4)

Нека да разгледаме волт-амперната характеристика (ВАХ), показана на Фиг. 2.6, която представлява зависимостта  $I = f(U)$ .

В точка „ж“ от „V-A“ характеристика започва надясно дъговият разряд, които се изразява в нормалният режим на излъчване (работа) на газоразрядните светлинни източници:

- Луминесцентни лампи;

- Живачни лампи;
- Метал-халогенни и др. лампи;

След точка „ж“ „V- A“ характеристика има падащ характер, токът силно нараства, което довежда до разрушаване на лампата.

За да се стабилизира големината на тока в дадена точка от този участък на характеристиката последователно на лампата се включва баластно съпротивление - дросел.



Фиг. 2. 6. Волт-амперна характеристика при електролуминесценция <4>

### Въпроси и задачи

**Задача 1.** Какво определя закона на Стефан - Болцман за топлинното излъчване на абсолютно черно тяло?

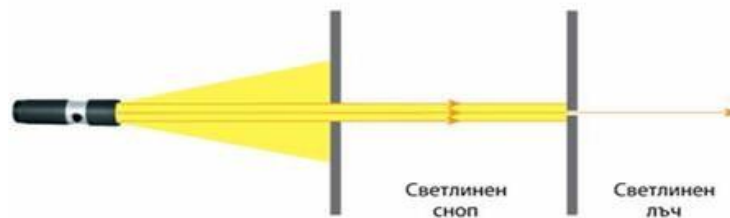
**Задача 2.** Избройте видовете източници на луминесцентно излъчване.

**Задача 3.** Анализирайте процесите при дъгов тлеещ електрически разряд между анода и катода при електролуминесценция.

### 3. Светлинни свойства на материалите

Характеристиките на взаимодействието между светлината и материята е от важно значение, както за правилния избор и проектиране на елементите на осветлението, така и за коректно изпълняване на визуалните задачи в живота на човека. Ефективността и светлоразпределението на осветителните тела силно зависи от отражателните характеристики на материалите, използвани за отражатели и характеристиките на пропускане на светлината, използвани от разсейвателите. Качеството на осветлението на обектите и визуалните задачи, свързани с тях, зависят от светлинните свойства на материалите, от които те са изработени. При редица задачи, от съществено значение имат и цветовете характеристики на материалите, за създаване на ефектно, сценично и художествено осветление, разпознаване на пътни знаци, табели и др.

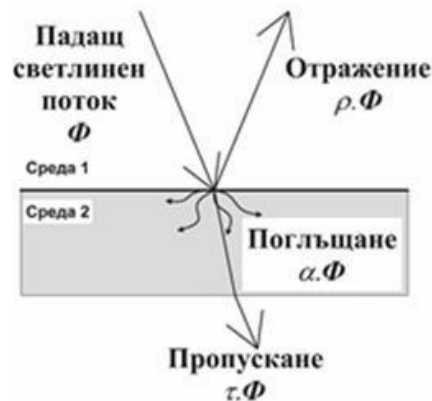
Светлинният лъч е права линия със стрелка, която показва посоката на разпространение на светлината (Фиг. 3.1). Когато светлинните лъчи стигнат до едно тяло могат да преминат през него, да се погълнат от него или да се отразят. Това се характеризира от коефициентите на отражение, пропускане и поглъщане.



Фиг. 3.1. Светлинен сноп (б)

При разпространение на светлината в определена среда, неминуемо се достига до граница, отделяща я от друга среда, от която може да се върне в същата среда (отражение), да стане част от втората среда, където тя се превръща в друга форма на енергия (поглъщане), или да продължи хода си и премине през втората среда в следваща (пропускане) (Фиг. 3.2). От тези явления, две или три се случват едновременно, в зависимост от свойствата на средата. Коефициентите на отражение -  $\rho$ , пропускане -  $\tau$  и поглъщане -  $\alpha$ , дефинират частта от светлинният поток, която следва съответното явление. Според основния принцип за съхранение на енергията, сумата от отразеният  $\rho \cdot \Phi$ , погълнатият  $\alpha \cdot \Phi$  и пропуснатият  $\tau \cdot \Phi$  светлинен поток трябва да бъде равна на падащият светлинен поток  $\Phi$ :

$$\alpha + \tau + \rho = 1$$



Фиг. 3. 2. Разпространение на светлината <2>

### Спектрални коефициенти на отражение, поглъщане и пропускане на светлината

**Коефициент на отражение** - дефинира се като отношение на отразения светлинен поток към падащия.

$$\rho = \frac{\Phi_{\text{отр.}}}{\Phi}$$

**Коефициент на пропускане** - дефинира се като отношение на пропуснатия светлинен поток към падащия.

$$\tau = \frac{\Phi_{\text{проп.}}}{\Phi}$$

**Коефициент на поглъщане** - дефинира се като отношение на погълнатия светлинен поток към падащия.

$$\alpha = \frac{\Phi_{\text{пог.}}}{\Phi}$$

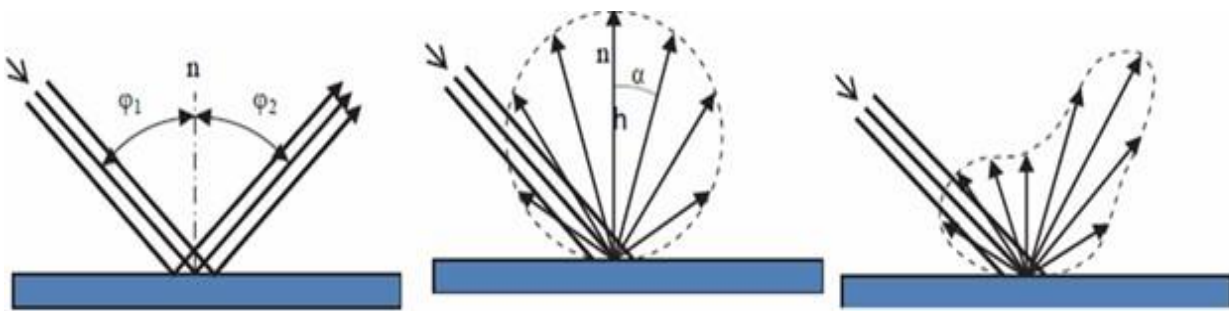
Всички материали отразяват, поглъщат и пропускат различните дължини на вълната на светлината избирателно, т.е. коефициентите им на отражение, поглъщане и пропускане не са еднакви за различните дължини на вълната. Благодарение на това тяхно свойство човешкото око различава цветовете им.

Например - при попадане на пълен спектър бяла светлина върху червен материал от него се отразява и през него се пропуска само червената част от спектъра (Фиг. 3.3), която при достигане до човешкото око възбуждат в ретината само L - рецепторите, чувствителни към червена светлина, в резултат на което информация за червен обект достига до мозъка.



Фиг. 3.3. Пълен спектър бяла светлина върху червен материал <2>

На (Фиг. 3.4) и (Фиг. 3.5) са показани типовете отражение и пропускане на светлината.

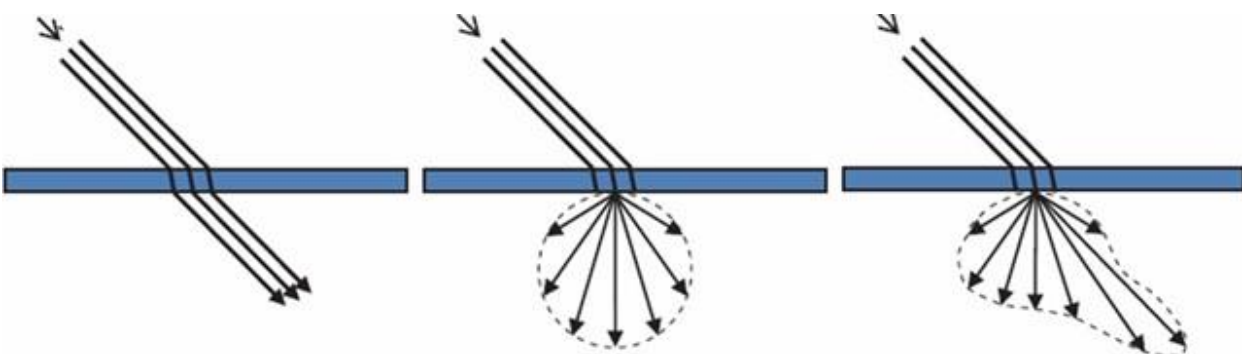


а) насочено (огледално)

б) дифузно (разсеяно)

в) смесено

Фиг. 3.4 Тип отражение на светлината <2>



а) насочено (огледално)

б) дифузно (разсеяно)

в) смесено

Фиг. 3.5. Тип пропускане на светлината <2>

**Насочено (огледално) отражение и пропускане** на светлина, имат тела с гладки повърхности, размерът на грапавините на които е по-малък от дължината на вълната на светлината-полирани метални повърхности, стъклени огледала и др. Насочено пропускат светлината прозрачните еднородни тела-прозрачно стъкло и др.

Характерно за насоченото отражение и пропускане на светлината е:

- Пространственият ъгъл, под който пада светлинният поток е равен на пространствен ъгъл, в който потокът се отразява или пропуска;
- Отразеният и пропуснатият лъч лежат в една равнина с падащия лъч и перпендикуляра към повърхността в точката на падане на лъча;
- Ъгълът на отражение е равен на ъгъла на падане.

**Разсеяно (дифузно) отражение и пропускане** на светлината, имат повърхности с грапавини, чийто размери са по-големи от дължината на вълната, например-гипсови повърхности. Дифузно пропускат светлината тела, в обема на които са включени частици с различни коефициенти на пречупване на светлинните лъчи и с размери, съизмерими с тези на дължината на вълната на светлината като млечно и опалово стъкло и др.

Отразеният светлинен поток се разпространява в цялото пространство над отразяващата повърхност, т.е. в пределите на пространствен ъгъл, независимо от ъгъла на падане на светлината. Същото се отнася и за дифузно пропуснатия светлинен поток.

Разпределението на отразения и пропуснатия светлинен поток се представя графично чрез радиус-вектори, чиято големина е равна на интензитета на светлината в съответната посока. Краищата на радиус-векторите определят фотометричната повърхност на отразената или пропуснатата светлина.

В Таблица 3.1 са дадени примерни стойности на  $\rho$  и  $\tau$  на някои материали и типа на тяхното отражение и/или пропускане за спектрален състав на еталонен източник тип „А“.

**Таблица 3.1. Стойности на  $\rho$  и  $\tau$  на някои материали**

Тип отражение или пропускане	Материал	$\rho$	$\tau$
насочено (огледално) Фиг. 3.4а	Сребро полирано	0.92÷0.97	-
	Огледало стъклено	0.80÷0.85	-
	Алуминий полиран	0.75÷0.85	-
	Алуминий изпарен във вакуум	0.90÷0.95	-
	Хром полиран	0.60÷0.70	-
	Стомана полирана	0.50÷0.60	-

насочено (огледално) Фиг. 3.5.а	Стъкло прозрачно (2÷3 mm)	0.05	0.92
дифузно (разсеяно) Фиг. 3.4.б	Бариев сулфат	0.97	-
	Гипс	0.70÷0.80	-
	Хартия бяла	0.75	0.05
дифузно (разсеяно) Фиг. 3.5.б	Стъкло млечно (2÷3 mm)	0.50	0.35
	Стъкло опалово (2÷3 mm)	0.20	0.70
	Пластмаса бяла (2÷3 mm)	0.30	0.55

Таблица 3. 2. Спектрална плътност на лъчистия поток  $\varphi(\lambda)$  на еталонните светлинни източници

$\lambda$ nm	$\varphi(\lambda)$ за еталонен източник-тип				$\lambda$ nm	$\varphi(\lambda)$ за еталонен източник-тип			
	A	B	C	D65		A	B	C	D65
380	9,75	22,4	33	50	580	114,44	101	97,8	95,8
390	12,09	31,3	47,7	54,6	590	121,73	99,2	93,2	88,7
400	14,71	41,3	63,3	82,8	600	129,04	98	89,7	90
410	17,68	52,1	80,6	91,5	610	136,34	98,5	88,4	89,6
420	21	63,2	98,1	93,1	620	143,62	99,7	88,1	87,7
430	24,67	73,1	112,4	86,7	630	150,83	101	88	83,3
440	28,7	80,8	121,5	104,9	640	157,98	102,2	87,8	83,7
450	33,09	85,4	124	117	650	165,03	103,9	88,2	80
460	37,82	88,3	123,1	117,8	660	171,96	105	87,9	80,2
470	42,87	92	123,8	1149	670	178,77	104,9	86,3	82,3

### Въпроси и задачи

**Задача 1.** Дефинирайте понятието отражение на светлината.

**Задача 2.** Кой коефициент се дефинира като отношение на пропуснатия светлинен поток към падащия такъв?

**Задача 3.** Кога настъпва пълно вътрешно отражение?



## 4 . Основни светлинни величини

**Интензитет на светлината (I)** е отношението на равномерно разпределения светлинен поток към пространствения ъгъл, през който този поток се излъчва в пространството. Характеризира се с излъчената за единица време светлинна енергия (под формата на поток от фотони) от даден светлинен източник в пространствен ъгъл един стерadian (стерадиан е единица от международната система единици за измерване на пространствен ъгъл). Единицата за интензитет на светлината е **кандела (cd)**. Тя произлиза от английската дума **candle (свещ)**, и се смята, че интензитетът на светлината на една свещ е близък до 1 cd. Интензитетът на светлината на лампите с нажежаема жичка, изразен в cd, приблизително съвпада с електричната ѝ мощност, изразена във ватове. Една кандела е равна на силата на светлината, излъчвана от абсолютно черно тяло с площ (1/60) квадратни сантиметра при температурата на топене на платината 1768,4 °С.

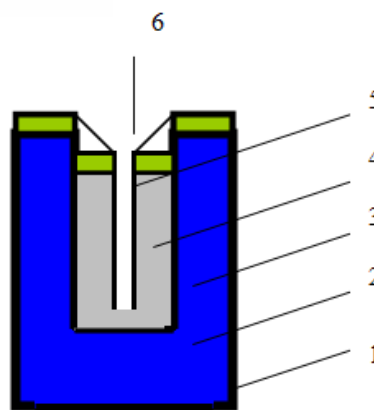
$$I = \frac{\Delta\Phi}{\Delta\Omega} (cd)$$

където:

$\Delta\Phi$  е светлинният поток;

$\Delta\Omega$  е единица пространствен ъгъл;

**Схема на еталона за интензитет на светлината (Фиг. 4.1) :**



**Фиг. 4.1**

В кварцовия съд 1 е поставено по-малко кварцово съдче 3, а между тях е насипан ториев окис на прах 2 за топлинна изолация. В съдчето 3 е вкарана тясната тръбичка 5, изработена от топен ториев окис. Около нея са насипани късчета платина 4. Свободният отвор на тръбичката 6 е с площ, примерно 1/60-та част от  $1 \text{ cm}^2 = 0.01667 \text{ cm}^2$ . Устройството се нагрява индукционно чрез бобина, захранвана с променливо напрежение с честота около 500

kHz, до достигане на температурата 2046.6°K. Тогава вътрешната повърхност на ториевата тръбичка 5 излъчва светлина, която излиза през отвора 6 и е с интензитет 1 кандела при посочената площ на отвора.

**Светлинен поток ( $\Phi$ )** е количеството светлина, излъчено от светлинен източник за една секунда във всички посоки. Единицата за измерване на светлинният поток е 1 лумен (lm). Един лумен е равен на светлинния поток, излъчван от точковиден източник в пространствен ъгъл 1 стерadian при интензитет на светлината 1 кандела. Светлинен поток съпоставен с консумацията във ватове (W), е основен показател за енергоефективността на лампите.

В таблица № 4 е дадена сравнителна характеристика между светлинния поток на различни видове лампи.

**Таблица 4. Сравнителна характеристика.**

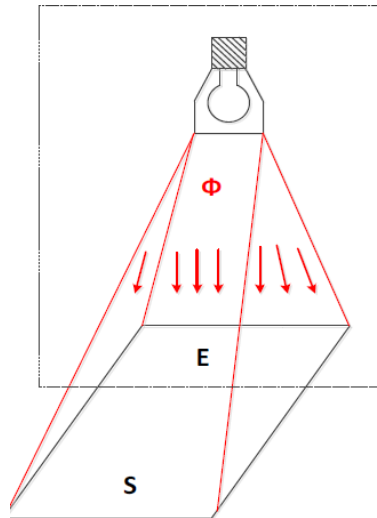
Класическа лампа с нажежаема жичка	Халогенна лампа	Енергоспестяваща лампа	LED лампа	Светлинен поток
25 W	25 W	5 W	3 W	204 - 210 Lm
40 W	40 W	9 W	5 W	400 - 450 Lm
60 W	60 W	13 W	9 W	700 - 740 Lm
100 W	100 W	22 W	15 W	1300 - 1500 Lm

Светлинният поток  $\Phi$  се определя от интензитета  $I$  на светлоизточника, площта  $S$  на осветяваната повърхност и от квадрата на разстоянието  $R$  между тях:

$$\Phi = \frac{I \cdot S}{R^2} (lm)$$

**Осветеност ( $E$ )** Светлинният поток  $\Phi$  при своето разпространение в пространството пада върху различни повърхности и ги осветява. За количествена оценка на осветяването на дадена повърхност се въвежда величината осветеност (фиг. 4.2). Числено тя е равна на отношението на светлинния поток  $\Phi$  и площта  $S$  върху която той пада. Измерва се в единица наречена лукс ( $Lx$ ). Осветеност от 1 лукс се получава от светлинен поток 1 лумен, падащ върху площ от  $1m^2$ .

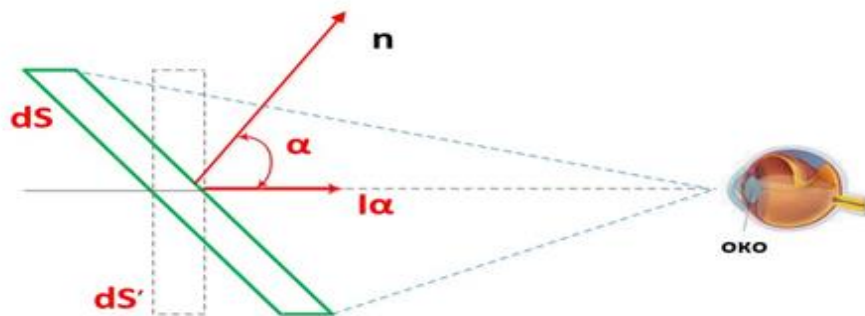
$$E = \frac{\Phi}{S} (lx)$$



Фиг. 4. 2. Осветеност (4)

В практиката най-често се среща понятието хоризонтална осветеност, т.е най-често зрителната работа е в хоризонталната равнина, но съществува и понятието вертикална и цилиндрична осветеност. Примерно нажежаема лампа 100W на разстояние 1 метър създава осветеност 110 lx. Общото осветление на работното място трябва да има осветеност от 200 до 600 lx (учебна зала = 300 lx).

**Яркост ( $L$ ).** Яркостта (фиг. 4.3) е интензитетът на светлината, излъчена от единица площ от повърхността на светлоизточника в дадено направление. Измерва се в кандели на квадратен метър ( $cd\ m^2$ ). Ако обаче размерът на светлоизточника е пренебрежимо малък в сравнение с разстоянието до осветяваните предмети, той може да се приеме за точков. За много отдалечените светлоизточници, видими като точкови, е по-правилно да се използва израза термина блясък вместо яркост. Яркостта е единствената светлотехническа величина, на която окото пряко реагира.



Фиг. 4. 3. Яркост (4)

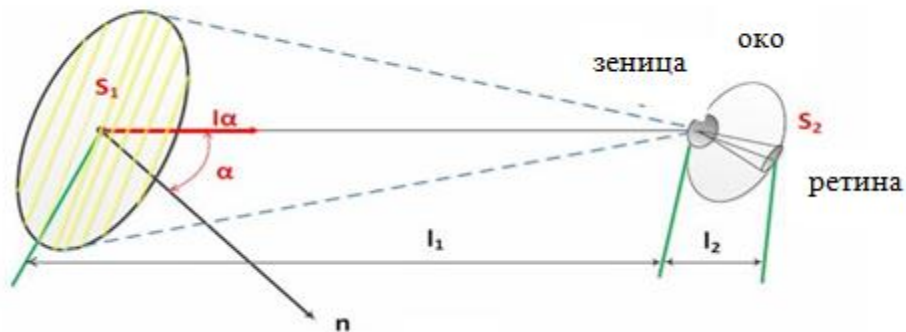
Яркостта се определя за:

- светеща повърхност с крайни размери, като лампа или осветително тяло;
- отразяваща повърхност, наблюдавана от дадена точка - стени на стая, таван, улично

пътно

- платно и др.;

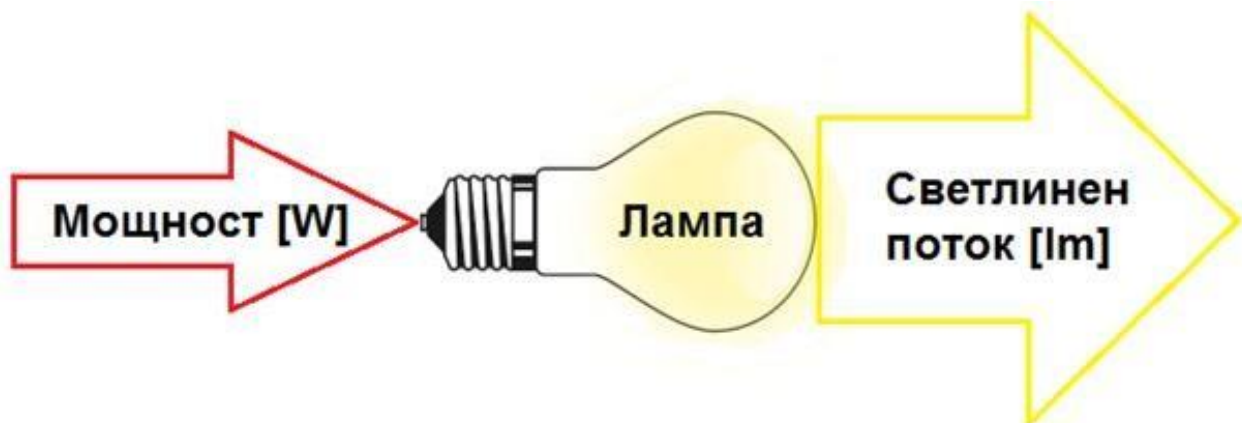
Връзката между яркост и зрителното усещане на окото е показана на (Фиг. 4.4).



Фиг. 4. 4. Връзка между яркост и зрително усещане от око (4)

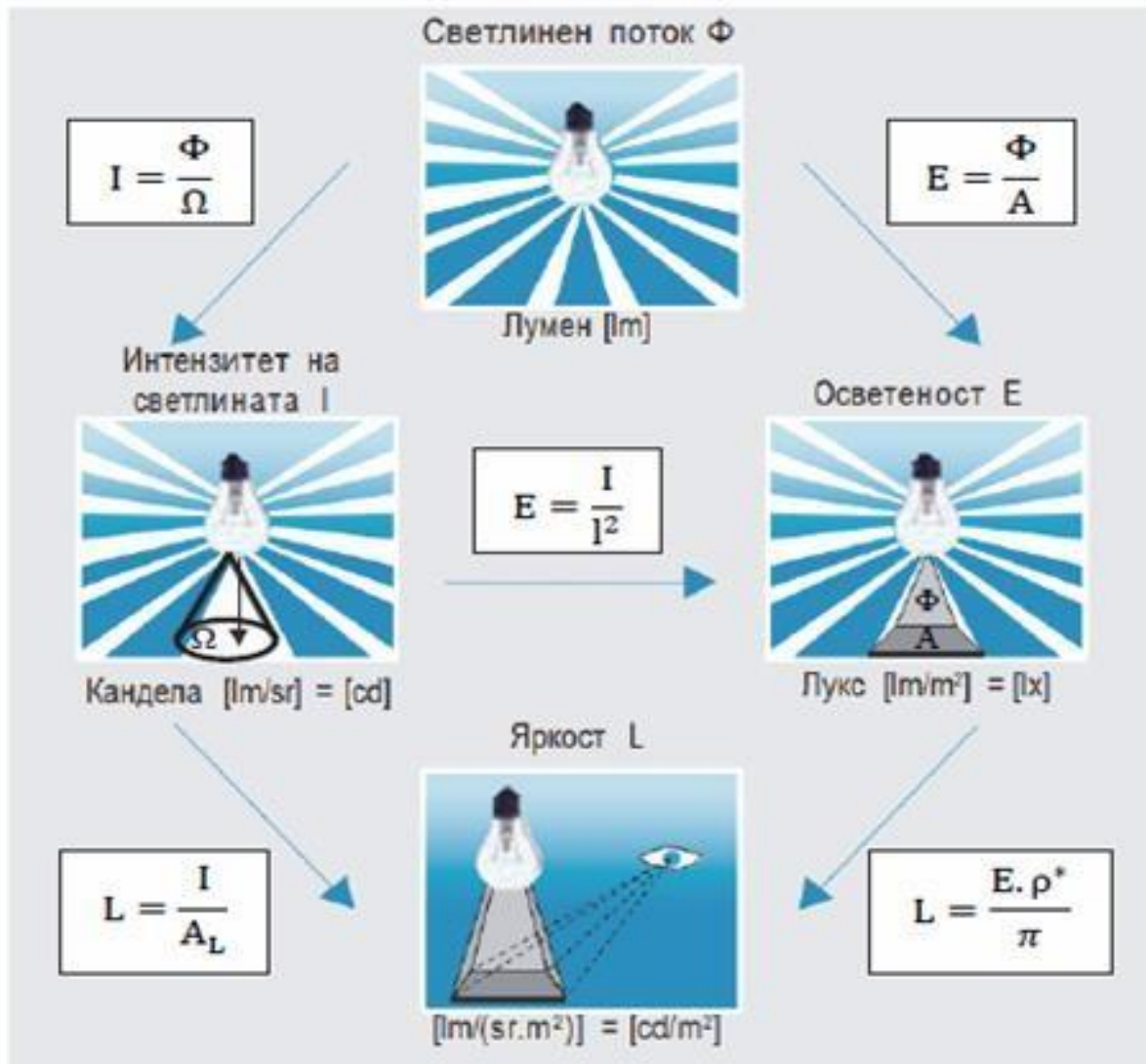
$n$  - нормала;  $I\alpha$  - Интензитет;  $S_1$  - Площ на светеща повърхност.

Светлинен добив (ефективност) е съотношението между консумираната ел. енергия и излъчвания светлинен поток. Измерва се в лумени на ват (lm/W).



Фиг. 4. 5. Светлинен добив (6)

На Фиг. 4. 6) е демонстрирана връзката между отделните светлинни величини.



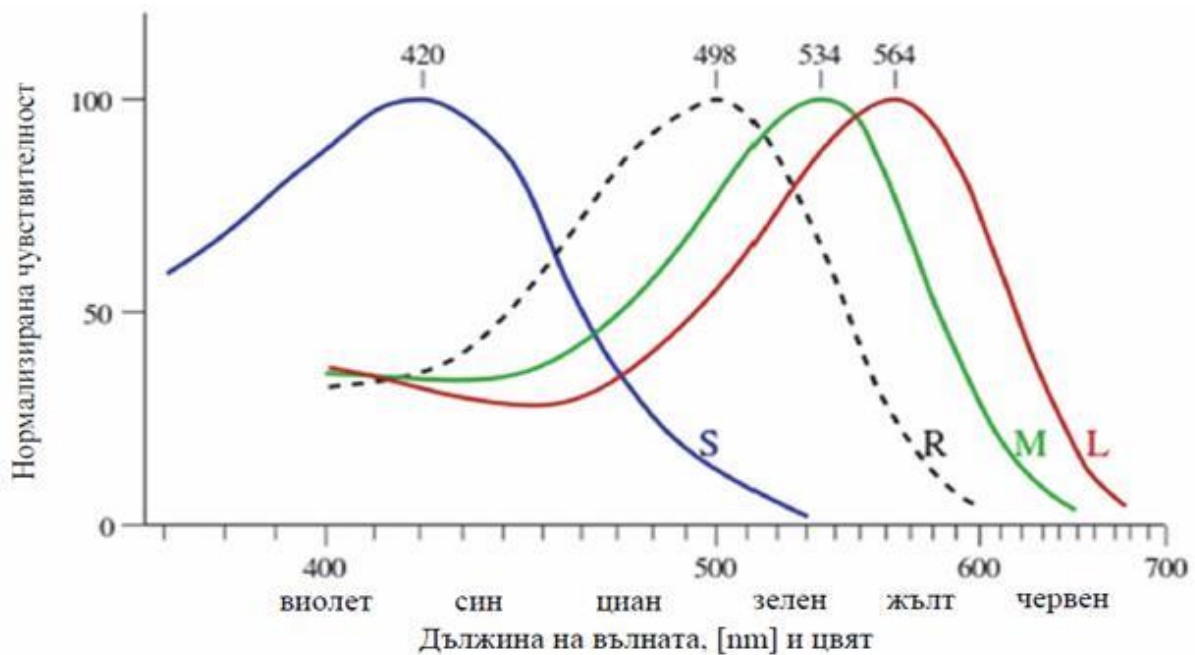
Фиг. 4. 6. Съотношение между светлинните величини <2>

### Въпроси и задачи

- Задача 1.** Дефинирайте понятието светлинен поток.
- Задача 2.** Каква е измервателната единица за интензитет на светлината?
- Задача 3.** Анализирайте понятието яркост.

## 5. Особенности на зрительния процес

В ретината на човешкото око има четири вида рецептори: пръчковидни клетки (пръчици - R) и три типа конусообразни клетки (колбички S, M и L). Нормализираната спектрална чувствителност на четирите вида рецептори в човешкото око е показана на (Фиг. 5.1).



**Фиг. 5. 1. Нормализирана спектрална чувствителност на 4- те вида рецептори на човешкото око (9)**

„Пръчиците“ се използват за нощно виждане или при много слабо осветление. В окото има около 120 милиона „пръчици“, които са много силно светлочувствителни, но не са чувствителни по отношение на цветовете. „Колбичките“ са чувствителни към цветовете и са около 6÷7 милиона. Делят се на три типа, в зависимост от чувствителността си към дължината на светлинната вълна. L - рецепторите са най-чувствителни към светлина с голяма дължина на вълната (червена или близо до червената светлина). M - рецепторите са най-чувствителни към средна дължина на вълната (зелена или близо до зелената светлина). S - рецепторите са най-чувствителни към късата дължина на вълната, които изглеждат сини. Хората с нормално цветно зрение имат L - чувствителни, M - чувствителни и S - чувствителни рецептори. При хора с нарушено цветно зрение - далтонизъм, липсват един или няколко от тези рецептори.

## Зрителната сетивна система

Човек е в състояние да възприема и различава формите, цветовете, ориентацията и движението на предметите в заобикалящия го свят. Адекватен дразнител на зрителната сетивна система са слънчевите лъчи, които отразявайки се от предметите, носят информация за техните качества и признаци. Сетивният орган на зрителната система, който е чувствителен към светлината е окото.

Светлинните лъчи, разположени в дълговълновата част на спектъра, се възприемат като червени, а тези в късовълновата - синьовиолетови. Зрителният образ се формира с помощта на оптичния апарат на окото, включващ роговицата, воднистата течност, лещата и стъкловидното тяло. Светлинните лъчи преминават през всяка една от тези среди и се пречупват. Пречупвателната способност на окото може да се променя. Това позволява нагаждане за оптичния апарат за гледане на близко и далечно разположени предмети.

**Зрителното поле** е част от пространството, което един наблюдател вижда при фиксирани зрителни оси на двете очи. Конвергенция: сближаване на зрителните оси; Дивергенция: раздалечаване на зрителните оси;

**Зрителна адаптация** е процеса на приспособяване на зрителният анализатор на окото. От тъмно на светло това се случва от 5 до 10 минути. От светло на тъмно е по-бавен процес и продължава от 20 до 30 минути.

**Зрителна инерция:** Това е преобразуването на светлината в зрително усещане (Фиг. 5.3). Винаги се обуславя с някакъв инерционен характер. Вследствие на тази инерция при наличие на пулсираща светлина (нормално е при променливо напрежение от 230V, светлинният поток да пулсира) при осветяване на движещ се обект с такъв пулсиращ светлинен поток, се получава стробоскопичен ефект. При въртливо (ротационно) движение възприемането на този обект зависи от съотношението на периода на мигане на светлината и периода на въртене на обекта.

При големи пулсации на светлинният поток на лампите трябва задължително да се вземат мерки за намаляване на пулсациите на светлинният поток и отстраняване на стробоскопичният ефект.

### **Пример:**

Разглеждаме въртящ се със различни обороти диск:

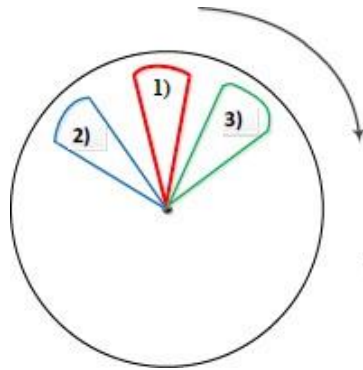
- Когато периодите са еднакви:

$T_{\text{въртене}} = T_{\text{мигане св.}} \Rightarrow$  диска се възприема като неподвижен

- Ако:

Твъртене > Тмигане св. => диска се възприема, че се върти във обратна посока. Това е погрешно впечатление !!!

Това недействително движение се нарича стробоскопичен ефект. При големи пулсации на светлинният поток на лампите трябва задължително да се вземат мерки за намаляване на пулсациите на светлинният поток и отстраняване на стробоскопичният ефект.



Фиг. 5. 3. Въртящ се с различни обороти диск <4>

**Зрителна умора** - представлява обща умора на организма в резултат на дейност свързана със зрителна работа. Изразява се в отпадналост, намаляване на концентрацията, разсеяност и други.

**Заслепяване** - Понижаването на зрителната способност на окото при наличие на светлинни източници в зрителното поле на наблюдателя. За ограничаване на заслепяването се прилагат следните мерки:

- Използват се осветителни тела с по-голям защитен ъгъл и по-малка габаритна яркост;
- Увеличаване на височината на окачване на осветителя;
- Използване на специални защитни решетки (при луминесцентните лампи);

### Въпроси и задачи

**Задача 1.** Дефинирайте понятието зрително поле.

**Задача 2.** Анализирайте зрителната умора.

**Задача 3.** Избройте мерките за ограничаване на заслепяването.



## 6. Фотоизмервателни апарати

**Фотометрия** е частта от осветителната техника, която се занимава с измерването на светлинни величини. В зависимост от използваните начини за оценка на светлинните величини фотометрията се класифицира на:

**Зрителна (субективна)** - за индикатор се използва човешкото око;

**Физическа (обективна)** - за индикатор се използват фотоелементи и уреди заменящи човешкото око;

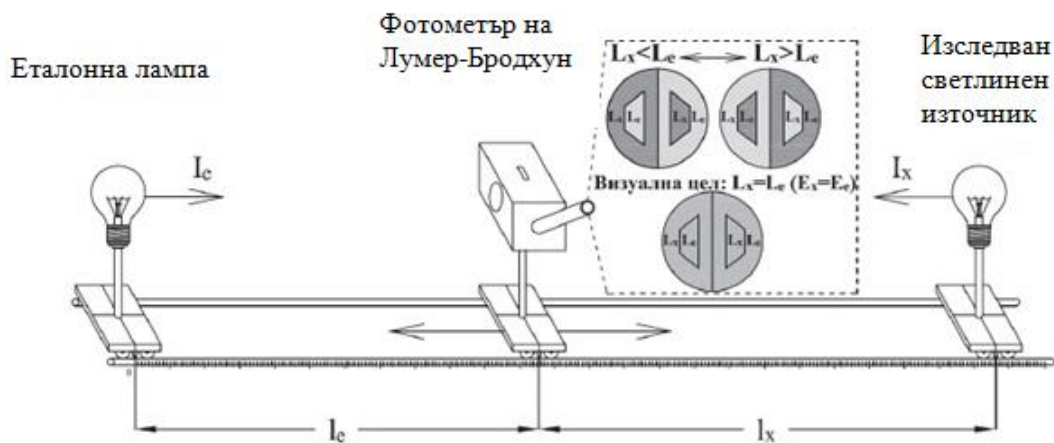
### Основни фотометрични величини

Основните светлотехнически фотометрични величини са: светлинен поток, интензитет на светлината, осветеност и яркост.

### Измервателни уреди

**Линеен фотометър** - На (фиг. 6.1) е показано измерване на интензитета чрез фотометър на Лумер - Бродхун

Измерването на интензитета се извършва в специално обособено „тъмно“ помещение при изключено общо осветление и липса на отражения от измерваните и еталонни светлинни източници, използвани при измерванията.

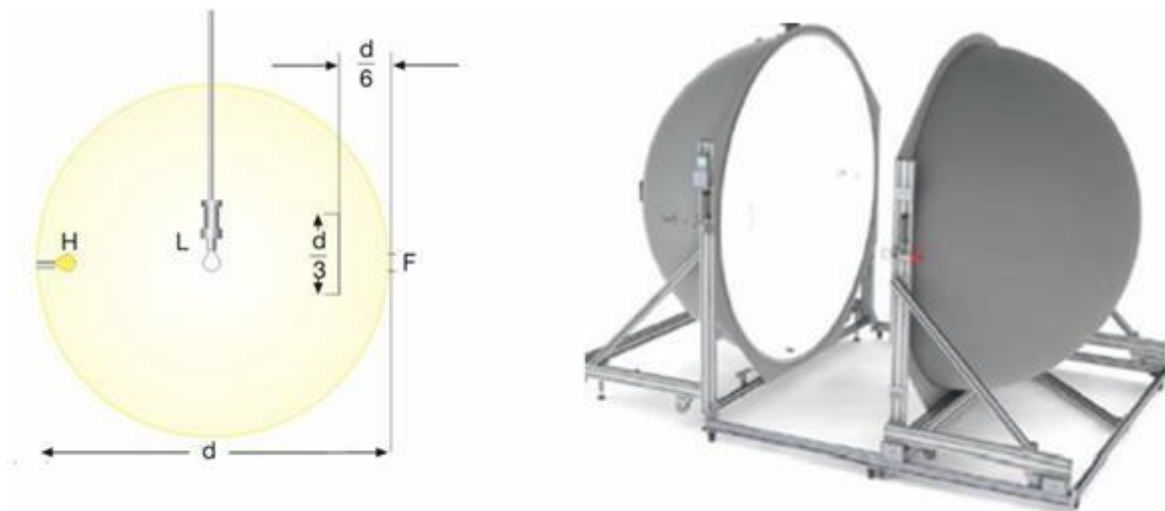


Фиг. 6. 1. Измерване на интензитета чрез фотометър на Лумер-Бродхун (2)

Фотометричната банка представлява метална конструкция с нивелирани хоризонтални релси с дължина няколко метра, по които се придвижват колички. Върху количките, чрез специализирани приставки и в една оптична ос, се закрепват светлинни източници,

измервателна апаратура, екрани, филтри и др. Предната релса е градуирана в милиметри и с помощта на показалци, прикрепени към количките, позволява точно измерване на местоположенията на елементите, намиращи се върху релсата и разстоянията между тях.

**Кълбов фотометър** - Принципно устройство и общ изглед на кълбов фотометър е показано на (Фиг. 6.2)



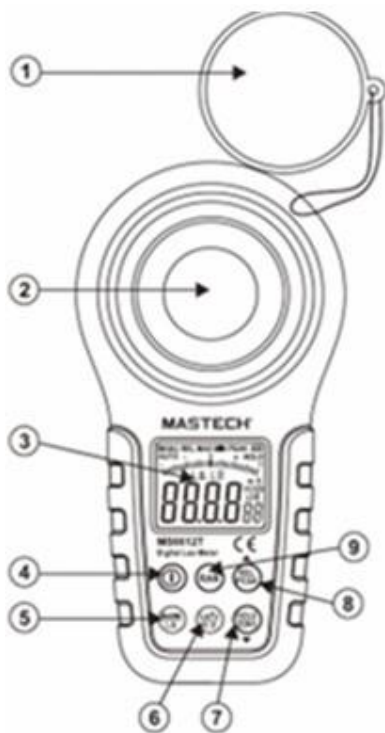
*Фиг. 6.2. Кълбов фотометър (24)*

Представлява куха сфера, чиято вътрешна повърхност е покрита с дифузно отразяващ материал. Светлинният източник L е монтиран вътре във фотометъра. Светлината многократно отразявана от вътрешността на сферата се регистрира през отвора на фотометъра. За предпазване на фотоклетката от пряката светлина на лампата пред нея се монтира екран. При тези условия осветеността E на отвора е пропорционална на излъченият светлинен поток от източника. Сферата отвътре е боядисана с бяла боя, която дифузно отразява светлината. Изискванията към боята е да бъде с висок коефициент на отражение, в широк честотен обхват. Като еталонен източник на светлина се използва нажежаема лампа с мощност 100W.

**Луксметърът** Принципното устройство на луксметър е показано на (Фиг. 6.3)

Луксметърът е обективен уред за измерване на осветеност. Той представлява фотоелемент (обикновено селенов), свързан с кабел към измервателния уред (микроамперметър) градуиран в осветеност (lx). Уредът може да измери осветеност от флуоресцентни лампи, метал-халогенни лампи, натриеви лампи, електрически лампи с

нажежаема жичка и различни LED източници на осветление. Работата на луксометъра се основава на явлението фотоелектричен ефект. Когато се постави светлина върху полупроводникова фотоклетка, енергията се прехвърля от нея на електроните. Интензитетът на тока е пропорционален на интензитета на светлината на фотоклетката. Обхватът на измерване се изменя чрез превключване на калибрирани шунтове, а при големи осветености чрез неутрални филтри. За ниски осветености някои типове луксметри (например PU-150) са снабдени с допълнителен приемник (фото съпротивление). Част от луксметрите имат капаче от разсейващ светлината материал, което се поставя върху фотоелемента с цел да се подобри косинусовата зависимост.



номер	описание
1	Капак на оптичния сензор
2	Оптичен сензор
3	LED дисплей
4	Бутон за включване и изключване
5	Бутон за избор на максимална и минимална стойност, както и за избор на източник на светлина
6	Бутон за превключване на мерните единици
7	Бутон за калибрация
8	Бутон за показване на измерване
9	Бутон за превключване между ръчните обхвати

Фиг. 6. 3. Луксметър (40)

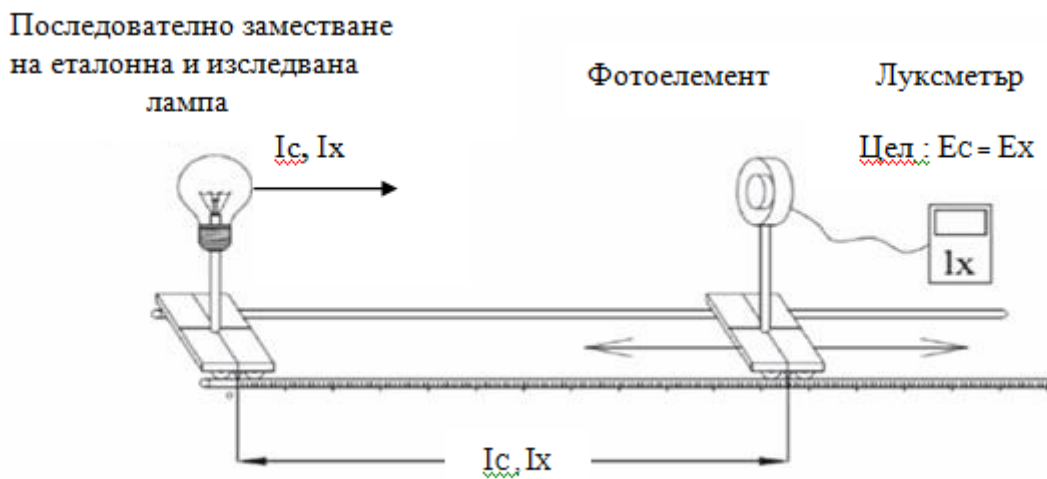
**При работа с уреда трябва да се спазват следните правила:**

- Върху фотоклетката не трябва да пада сянка.
- Преди работа стрелката трябва да показва нула, ако това не е така, се използва коректора, за да нулира уреда.
- Източници на електромагнитно излъчване, разположени в близост до луксомера, могат да причинят смущения и грешки в измерването, така че трябва да се премахнат.

При измерването на фотометрични величини се прилагат двата основни принципа на

измерване: субективен и обективен. При субективната фотометрия регистратор е човешкото око, което визуално определя равенството в яркостите на две полета, създадено от различни източници. Това е основание метода да се нарича и „визуален“. При обективната фотометрия се използва измервателна апаратура с регистратор с фотоелектрично действие - фотоелемент, фототока на който е пропорционален на погълнатия от фотоелемента светлинен поток.

#### Обективно измерване с луксметър (Фиг. 6. 4.)



Фиг. 6. 4. Обективно измерване с луксметър <2>

При използване като приемник на фотоелемент на луксметър се реализира обективно фотометриране, тъй като резултатът зависи от показанието на луксметъра, а не от субективната преценка на човешкото око. Измерването се извършва по схема на последователно заместване на еталонната и изследваната лампа, като се наблюдава показанието на луксметъра.

Първоначално се заснема показанието на луксметъра с еталонната лампа -  $E_e$  на разстояние  $l_e$ . След това тя се заменя с изследваната лампа и количката с фотоелемента се премества плавно до изравняване на осветеността с тази на еталонната лампа -  $E_e = E_x$ , при което се фиксира разстоянието  $l_x$ . Измерванията се извършват чрез фотоелемент със спектрален филтър, коригиращ чувствителността на фотоелемента до стандартна чувствителност на човешкото око  $V(\lambda)$ .

**Интензитетът на светлината** се измерва с единица кандела (cd). Тя е единствената светлотехническа основна единица от Международната измервателна система SI. Измервателните единици на останалите светлинни величини са нейни производни. Единицата за интензитет на светлината е силата на светлината в дадена посока от източник, излъчващ

монохроматично лъчение с честота 540.1012 Hz (съответства на дължина на вълната с максимална относителна спектрална чувствителност на човешкото око  $\lambda=555$  nm).

В таблица 6.6. са представени основните методи за измерване на интензитет на светлината.

Основни методи на измерване	Основен принцип на метода на измерване	Използвана апаратура	Основни условия за измерване	Област на приложение
Измерване в една посока	Метод с фотометрична банка	Фотоелементи Луксомери Фотометър	$l \geq (5 - 10)d$ където $d$ е най-големия размер на светлинния източник	Нажежаеми лампи, Разрядни лампи Осветителни тела
Измерване в различни посоки	Метод с разпределителен фотометър - изчисляване на интензитета чрез измерване на осветеност в различни точки на сферична или полусферична повърхност условно ограждаща източника	Фотометри с различни конструкции и фотометричен приемник.	Избора на конструкцията на фотометъра е свързан със свойствата на източника и приемника	Нажежаеми лампи, Разрядни лампи Осветителни тела прожектори
Измерване в различни посоки в извън лабораторни условия	Изчисляване на интензитета, чрез измерване на осветеност с преносими измервателни уреди	Луксомери	Различни условия за измерване в зависимост от Специфичните условия на обеста	Осветители в производствени, улични и площадни условия

### Въпроси и задачи

**Задача 1.** Избройте основните светлотехнически фотометрични величини.

**Задача 2.** Опишете принципното устройство на луксометър.

**Задача 3.** Анализирайте обективното измерване с луксметър.



.....  
.....  
**8. Избройте цветовете във видимия спектър на светлината.**

.....  
.....  
.....  
.....  
**9. Избройте мерките за ограничаване на заслепяването.**

.....  
.....  
.....  
.....  
**10. Напишете формулата за коефициент на поглъщане.**

**КРИТЕРИИ ЗА ОЦЕНЯВАНЕ:**

от 0 до 10т. - Сериозен дефицит на знания. Прочетете отново материала.

от 11 до 15т. - Вашите знания са недостатъчни. Прочетете отново материала.

от 16 до 17т. - Имате дефицит на знание в определени теми.

от 18 до 19т. - Справяте се много добре. Проявете желание и попълнете пропуснатото

20т. - Справяте се отлично.

## Раздел 2. Електрически източници на светлина

### 7. Видове лампи с нажежаема спирала

#### Видове лампи според технологията на производство

**Електрически лампи с нажежаема жичка** - до скоро това бяха най-разпространените електрически лампи за осветление в бита.

Електрическите лампи с нажежаема волфрамова спирала са най-разпространените светлинни източници. Голямото ѝ приложение е обусловено от удобната експлоатация, включване в захранващата мрежа без допълнителни устройства, сравнително малки размери и възможността за производство на лампи с голям диапазон на мощност (до 100 kW). Основни недостатъци са ниския светлинен добив (до 20 lm/W) и сравнително малката трайност (до 1000 часа). Характеристичните данни на лампите с нажежаема спирала зависят от напрежението, при което са поставени да работят. Номиналното напрежение гарантира техническите показатели, дадени от производителя. Всяко отклонение от номиналното напрежение се отразява върху основните параметри. Пониженото напрежение намалява светлинния поток и светлинния добив и увеличава продължителността на светене. Обратно, по-високото напрежение увеличава светлинния поток и светлинния добив, но рязко намалява продължителността на светене.

След 2012 год. Европейският съюз забрани изцяло пускането на пазара на всички разновидности на класическите лампи с нажежаема жичка.

**Луминесцентни лампи** - енергоспестяващи, със средна продължителност на живот от 7 500 часа, която зависи от режима на работа на осветителното тяло.

**Халогенни лампи** - стъкленият балон е пълен с инертен газ, което позволява да отдават по-силна светлина и едновременно с това да пестят до 30% електрическа енергия, в сравнение с обикновените лампи. Продължителността на живота им е около 2 000 часа и са чувствителни към промените в напрежението.

**Енергоспестяващи лампи** - познати са още като компактни луминесцентни лампи (КЛЛ). Произвеждат се с класически винтови цокли и със специални такива. Продължителността на живота им е от 6 000 до 15 000 часа.

**Светодиоди (LED)** - имат много висок коефициент на полезно действие (използват около 80% по-малко енергия отколкото лампа с нажежаема жичка). Продължителността на живота им е около 50 000 часа и са екологично чист продукт.



### Видове лампи според вида на цокъла

Цокълът е основата на лампата, която се вмъква във фасонката и осигурява електрическата връзка и закрепването ѝ в осветителното тяло. Цокълът няма пряка връзка и зависимост с типа на лампата. Обикновено всеки тип цокъл се произвежда с почти всички технологии лампи.

**Цокли с Едисонова резба** (Фиг. 7.1) - това е стандартен тип цокъл, разработен от Томас Едисон. Тези лампи са с метална основа с дясна резба, която се завинтва в подходящата фасонка. Обозначават се с „Ехх“, където „Е“ означава Едисон, а „хх“ е числото, отговарящо на външния диаметър на резбата в милиметри.

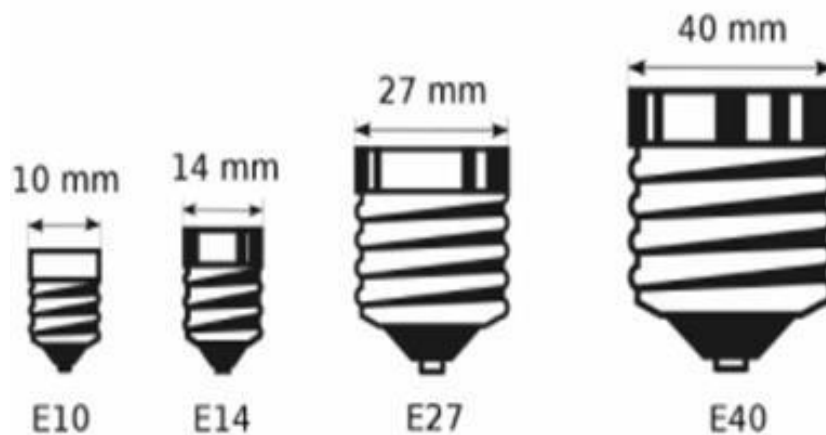
Приложение на лампите с Едисонова резба, в зависимост от диаметъра на резбата: Е10- за джобни фенерчета, велосипедни светлини;

Е11 - халогенни светлини;

Е14 - за малки лампи до 220V (полилеи, нощни лампи);

Е27 - стандартни 220V лампи до 200W- най-често използваните винтови цокли в Европа;

Е40- индустриално осветление над 200W. Е27 и малкия- Е14;



*Фиг. 7. 1. Цокли с Едисонова резба (27)*

**Цокли тип „Байонет“** (Фиг. 7.2) - стандартните лампи от този тип имат два пина на противоположните страни на капачката. Закрепването към фасонката става с натискане и превъртане, посредством странични щифтове.



*Фиг. 7.2. Цокли тип „Байонет“ (28)*

**Двупинов или Би-пинов цокъл** (Фиг. 7.3) - обозначават се с „G“, което означава „фиксиран“ цокъл. Този тип цокъл се използва при луминесцентните пури, халогенни лампи или флуоресцентни тръби.



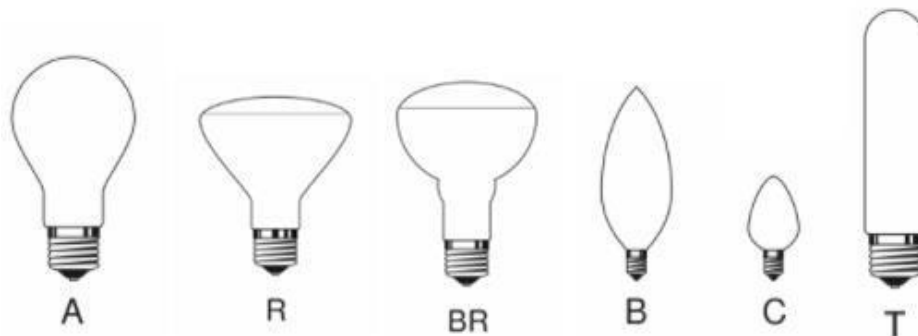
*Фиг. 7.3. Двупинов или Би-пинов цокъл (28)*

### **Видове лампи според формата**

Формата е важна, защото определя посоката на излъчваната светлина, а също така и възможността избраната лампа да пасне на осветителното тяло. Формата и размера на лампите се обозначава с буква и цифра - като буквата показва формата, а цифрата - диаметъра на лампата в милиметри в най-широката ѝ част. В Таблица 7.1 са показани серията и формата на най-разпространените лампи, а на (Фиг.7.4) е показан външния вид на лампите от различните серии.

Таблица. 7.1

Серия	Форма
<b>A</b>	стандартна лампа сълза
<b>R</b>	лампа с рефлектор
<b>BR</b>	с изпъкнал рефлектор
<b>B и C</b>	наподобяващи куршум или свещ
<b>T</b>	"тръба" или "тръбна" линейни



Фиг. 7.4. Външен вид на лампите от различните серии &lt;28&gt;

#### Видове лампи според излъчваната светлина

Излъчваната светлина е тази характеристика, която се измерва в градуси по Келвин (К) и показва каква светлина излъчва лампата : неутрална или студена.

До 3 000 К светлината е топла - подходяща за спални, дневни стаи, трапезарии и ресторанти.

От 3 300 до 5 300 К неутрална светлина - подходяща е за домашно и офис осветление.

Над 5 300 К дневна светлина - свежа синкава светлина.

#### Видове лампи според газа в колбата

##### Основно се разделят на два типа:

**Вакуумни** - Мощност от 25W до 40W. Те имат силно разреждане на атоми в колбата и интензивно разпръскване, затова работната температура на жичката е по-ниска - 2400 К;

**Запълнени с инертен газ**- неон (Ne), аргон (Ar), криптон (Kr), ксенон (Xe), като мощностите са по-високи - от 25W. Работната температура на жичката е 2900К, а състава на сместа-аргон 84%, азот (N) 16%.

Диаметърът на нажежаемата жичка е  $d = (0,03 \div 0,04)$  mm. Съвременните нажежаеми лампи имат спираловидна жичка. Праволинейната нажежаема жичка се използва само в нажежаеми лампи, които работят във вибрационни условия и с мощности, по-малки или равни на 25W.

## Въпроси и задачи

**Задача 1.** Избройте видовете лампи според технологията на производство.

**Задача 2.** Какво означава серия Т на стъклената колба?

**Задача 3.** Опишете видове лампи според формата.

**Задача 4.** Какъв цокъл ще изберете за осветителна лампа, ако външния диаметър на резбата е 40 милиметра?

## 8. Устройство и принцип на действие на лампи с нажежаема спирала

Принципното устройство на лампа с нажежаема спирала е показано на Фиг. 8.1.

Състои се от следните части:



**Фиг. 8. 1. Принципното устройство на лампа с нажежаема спирала**  
(41)

➤ **Стъклената колба**, която може да е празна или изпълнена с инертен газ-азот, аргон, криптон, ксенон и др. При вакуумните лампи топлинните загуби са минимални, няма загуби от конвекция и топлопроводност на газа, но изпарението на жичката е много по-голямо. Въвеждането на инертен газ, има за цел да създаде налягане върху повърхността на нажежаемата жичка, така че да попречи на изпарението ѝ. Работната температура на вакуумните лампи е приблизително 2400 K, а на лампите с газ-приблизително 2900 K. Топлинните загуби на газонапълнените лампи са по-големи в сравнение с тези с вакуум. Ако колбата е изпълнена с тежки благородни газове, като криптон или ксенон, топлинните загуби на лампата и изпарението чувствително намаляват.

➤ **Нажежаема спирала**, която се нагрява до необходимата температура от преминаването на електрически ток. Подходящи за направата ѝ са метали и други материали с електронна проводимост. Диаметърът на нажежаемата жичка е  $d=(0,03\div 0,04)$  mm. Съвременните нажежаеми лампи имат спираловидна жичка. Праволинейната нажежаема жичка се използва

само в нажежаеми лампи, които работят във вибрационни условия и с мощности, по-малки или равни на 25W. Като основен материал за лампи с нажежаема жичка еволфрамът, високата му огнеупорност, заедно с високата степен на пластичност и ниската си степен на изпарение, осигурява широкото му използване.

➤ **Електродите** на повечето лампи с нажежаема жичка са изработени от чист никел. Често никелът се заменя с мед.

➤ **Държатели или поддържащи кабели** се изработват от молибден и запазват своята еластичност при висока температура. Това позволява на тялото да се поддържа в разтегнато състояние дори след разширяването му в резултат на нагряване.

➤ **Цокълът** е основата на лампата, която се вмъква във фасонката и осигурява електрическата връзка и закрепването ѝ в осветителното тяло. Цокълът няма пряка връзка и зависимост с типа на лампата. Обикновено всеки тип цокъл се произвежда с почти всички технологии лампи.

### **Принцип на действие на лампи с нажежаема спирала**

Основава се на преобразуването на електрическата енергия, преминаваща през спиралата, във видима лъчиста енергия. Тя въздейства върху зрителните органи на човека и създава усещане за светлина, близка до бялата. Този процес се осъществява при нагряване на спиралата на лампата до 2600-2700°C. Спиралата не изгаря, тъй като температурата на топене на волфрама, от който тя е направена, е много по-висока (3200-3400°C) от температура на нагряване на спиралата, както и поради това, че от колбата на лампата се отстранява въздухът или се запълва с инертен газ (смес от азот, аргон, ксенон), който препятства окисляването на метала. Само малка част от излъчваната светлина е във видимия за човешкото око спектър, а основен дял се пада на инфрачервените лъчи.

### **Параметри на светлинните източници**

Параметрите, при които е изчислен да работи даден източник се наричат номинални параметри. Те се разделят на следните видове:

**Електрически** - Номинално напрежение, номинална мощност, номинален ток (той се посочва за еталонните лампи). Захранващите номинални напрежения са 6.3V, 12V, 24V, 36V, 110V, 120V, 220V, 230V, 380V, 400V и др. Например в нажежаема лампа с мощност 60W протича ток със стойност 0,26A. Пусковият ток е около 7 пъти по-голям от номиналния, което е причина нажежаемите лампи да изгарят в първоначалния момент на включване към електрическата мрежа. Причината за по-високия пусков ток е в ниското съпротивление на

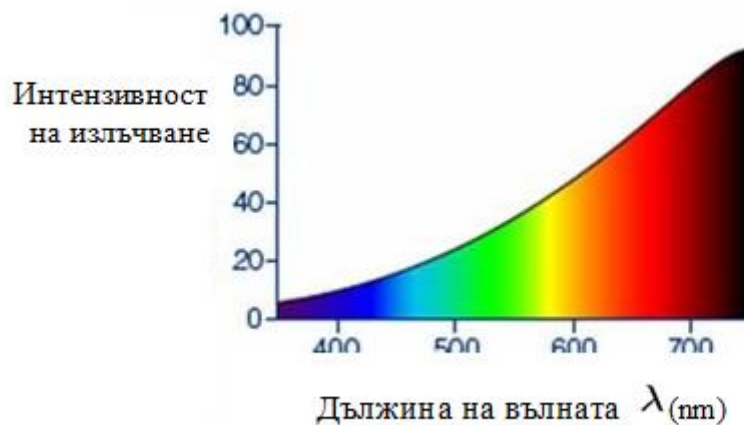
жичката в студено състояние, което се увеличава при нейното загряване.

**Светлотехнически** - В Таблица 8.1 са показани стойности на светлинния поток при различна мощност на нажежаемата лампа.

**Таблица 8.1. Стойност на светлинния поток при различна мощност на нажежаема лампа**

<b>Мощност <math>P</math> (W)</b>	15	25	40	60	75	100
<b>Светлинен поток (<math>Lm</math>)</b>	110	220	415	715	950	1350

Цветната температура на нажежаемата лампа е  $T_{цв.} = (2500 \div 2700)$  К - има благоприятен спектър на излъчване с топло-бяла светлина.



**Фиг. 8.2. Индекс на цвето предаване (6)**

Индексът на цвето предаване (качеството на възпроизвеждане на цветовете) е отличен:  $R_a = 100$ , т.е. нажежаемата лампа има отлично (най-високо) цвето предаване, което се дължи на нейния линеен непрекъснат спектър, показан на (Фиг. 8.2).

### **Икономически параметри**

Срокът на експлоатация (живот) на нажежаемата лампа е кратък-около 1000 часа, като силно намалява при увеличаване на захранващото напрежение над номиналното, както и при чести включения. Относителното изменение на светлинния поток  $\Phi$ , електрическата мощност  $P$  и експлоатационния срок на лампа с нажежаема спирала силно зависят от промяната на захранващото напрежение, спрямо номиналното.

### **Предимства:**

1. Незабавно запалване на спиралата;

2. Безопасни за околната среда;
3. Малък размер;
4. Разумна цена;
5. Универсалност на приложението;

**Недостатъци:**

1. Ниска ефективност;
2. Чувствителност към повишеното напрежението, което намалява живота на лампата;
3. Кратко работно време на лампата до 1000 часа;
4. Структурна нестабилност;

### **Въпроси и задачи**

**Задача 1.** Какво е предназначението на стъклената колба?

**Задача 2.** От какъв материал се изработват поддържащите кабели?

**Задача 3.** Избройте предимствата и недостатъците на лампа с нажежаема жичка.

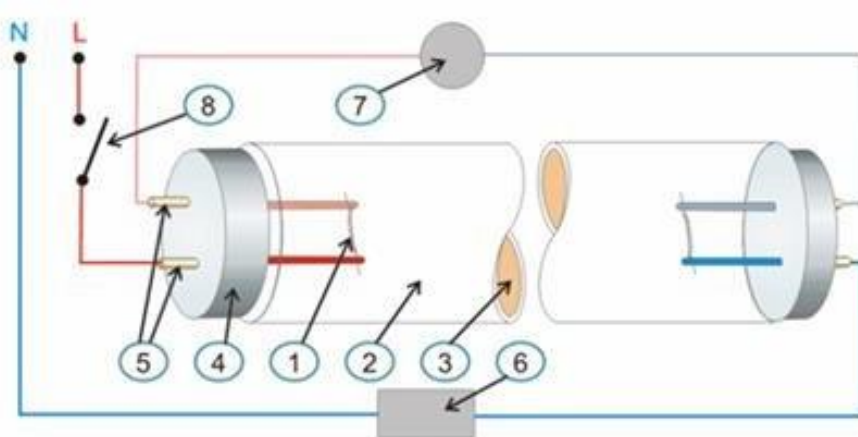


## 9. Устройство и принцип на действие на луминесцентните лампи

Луминесцентната лампа е газоразрядна лампа от вида с живачни пари с ниско налягане, в които по-голямата част от светлината се излъчва от един или няколко слоя луминофори, възбудени от ултравиолетовото излъчване от разряда.

### Устройство на луминесцентни лампи

Устройството на луминесцентна лампа е показано на (Фиг. 9.1)



Фиг. 9. 1. Устройство на луминесцентна лампа <14>

1. Електрод (нажежаема жичка) - целта на електродите е да излъчват електрони при нагряване.
2. Стъклена колба е пълна с инертен газ (аргон) и малко количество живак.
3. Слой от прахообразен фосфор, който се нанася върху вътрешната повърхност на стъклена тръба.
4. Диелектрик
5. Електрически контакти
6. Дросел (електромагнитен баласт)
7. Стартер
8. Преклювачател

Стъклена колба на луминесцентната лампа, след изпомпване на въздуха, се запълва с аргон и  $(30\div 50)\text{mg}$  живак (Hg). Дъговият разряд, който е източник на светлинното излъчване, се създава от живачни пари с ниско налягане, около 1Pa.

Луминофорите са синтетични неорганични кристални вещества, които покриват вътрешната повърхност на стъклената тръба и преобразуват ултравиолетовото лъчение на

живачните пари във видимия спектър, като увеличават светлинния добив на лампата. Излъчването без луминофор е  $\kappa=(5\div 7)\text{lm/W}$ , докато излъчването чрез луминофор достига  $\kappa=(50\div 70)\text{lm/W}$ , което е 10 пъти по-голямо.

Луминесцентните лампи не са особено енергийно ефективни. От енергийният баланс на лампата се установява, че от 100% електрическа мощност, 17% се отделят за светлинно излъчване, останалите проценти са загуби, от които: 22% - инфрачервено излъчване, около 20% в баластното съпротивление (в дросела), 10÷ 12% в луминофора, около 30% в дъговия разряд и електродите.

### Принцип на действие на луминесцентни лампи

В класическата схема веригата се затваря от устройството стартер. То затваря и прекъсва електрическата верига, като по този начин създава необходимите условия за самоиндукция на високо напрежение (около 1000 V) в дросела, което е необходимо за запалване на лампата. По време на затваряне на веригата, нагревателните електроди в лампата излъчват електрони, подпомагачи йонизацията на газа. Те са едно от слабите места на тези лампи, което често се поврежда. Целта на дросела е да осигури високо напрежение за запалване на лампата и след това да ограничи протичащия през нея ток. Луминофорът, нанесен от вътрешната страна на луминесцентните тръби, превръща произведената в лампата невидима за човешкото око ултравиолетова светлина във видима светлина.

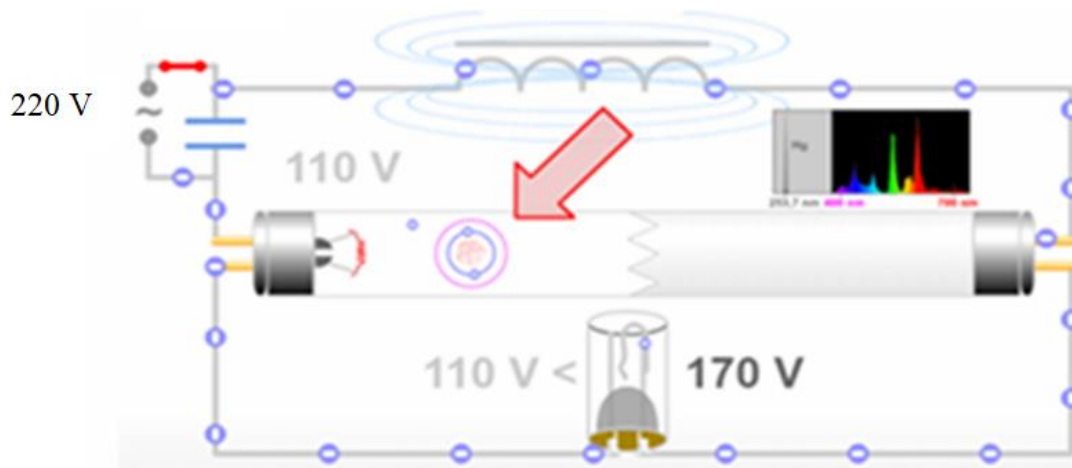
**Процес на запалване на лампата** - процесът може да бъде описан чрез етапите:

Подава се мрежово напрежение, през прекъсвача. Луминесцентната лампа не се запалва, започва тлеещ разряд в стартера, който загрява неговия биметален електрод(пластина);

➤ Загриват се електродите на стартера и чрез огъване на биметалният електрод, през веригата протича голям ток, който загрява двете жички (температурата на жичката става около **500 - 900°C**) в двата края на луминесцентната тръба и се създават благоприятни условия за започване на „дъгов разряд“ в луминесцентната лампа. Дъговият разряд в стартера започва при 170 V.

➤ Разделят се двата електрода на стартера, тъй като изстиват, и така се прекъсва електрическата верига, в която е включен и дросела. В този момент на двете жички в двата края на лампата се подава кратковременен импулс с повишено напрежение  $U=(500\div 1500)\text{V}$ , за сметка на енергията, запасена в дросела. Това създава пробив в между електродното пространство и лампата се запалва.

Напрежението при запалена лампа спада до 100 - 110V и стартерът спира да функционира фиг. 9.2.



**Фиг. 9.2. Работен режим (запалена лампа) <14>**

➤ Ако температурата не е достатъчна, стартерът може да се включи няколко пъти докато лампата запали. Това трае 1,5÷2 секунди (лампата премигва няколко пъти). Минималната температура на тръбата, за да има оптимален дъгов разряд и налягане, е (38÷45)°C при температура на околната среда (15÷30)°C. Паралелно на лампата е включен стартерът. Той представлява миниатюрна лампа, напълнена с неон или хелий и водород. Напрежението на запалване на стартера е по-ниско от мрежовото, но по-високо от работното напрежение на лампата. Работното напрежение на една луминесцентна лампа с мощност 40W е  $U_{л}=110V$ , напрежението на запалване на стартера е  $U_{зап.ст}=170V$ .

### Параметри и характеристики

#### Електрически:

Луминесцентните лампи се произвеждат в широка гама от мощности: 4, 6, 8, 13, 15, 20, 25, 30, 40, 65, 80, 100, 120, 140, 215W. Работното напрежение на луминесцентната лампа  $U$  е по-малко от напрежението на мрежата  $U_{мр}$ . За да се постигне стабилна и икономически ефективна работа на лампата, обикновено се избира  $U = (0,5 - 0,65) U_{мр}$ . Луминесцентните лампи се произвеждат главно за променлив ток с честота 50 Hz. Те могат да се използват и при повишена честота и постоянен ток. При постоянен ток обаче електродите на лампата не работят в еднакъв режим, като анодът силно се прегрява. Поради това е препоръчително при постоянен ток да се употребяват специално произведени за целта лампи с друга конструкция на електродите.

#### Светлотехнически:

Номиналният светлинен поток на луминесцентните лампи се определя при номинално

напрежение след 100 часа работа на лампата. В таблица 9.1 са показани светлотехнически величини на видовете луминесцентни лампи.

**Таблица 9.1 Светлотехнически величини на различни видовете луминесцентни лампи**

Луминесцентна лампа		Цветна температура	Цветопредаване	Светлинен поток, [lm]		
				20W	40W	65W
ДС	Дневна светлина	6500°K	76	880	2300	3340
СБС	Студено бяла светлина	4500°K	70	1020	2700	4400
БС	Бяла светлина	4200°K	63	1060	2800	4600
ТБС	Топло бяла светлина	3000°K	56	1060	2800	4600

В зависимост от цветната температура луминесцентните лампи се разделят на лампи с:

**дневна светлина (ДС)** - в помещения, където има повишени изисквания на цветопрераждането като боядисване, контрол на тъканите, изложбени зали, художествени ателиета, студия за живи предавания, болници и др.

➤ **студено-бяла светлина (СБС)** - намират приложения в работни помещения съвместно с естествена светлина, магазини за промишлени и хранителни стоки, болници и др.

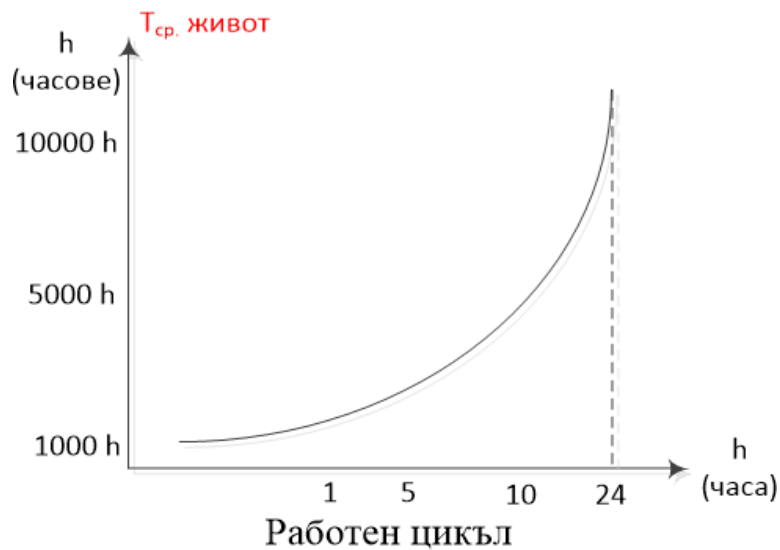
➤ **бяла светлина (БС)** - намират приложения в помещения без специални изисквания, като работни сгради, административни офиси, магазини за канцеларски и спортни материали и стоки, монтажни.

### Икономически характеристики

Животът на луминесцентните лампи е около 7500 до 10000 часа. Те не са подходящи за помещения с чести включвания и изключвания, тъй като животът им се съкращава. Увеличаването на захранващото напрежение над номиналното също съкращава живота на луминесцентните лампи. Времето за установяване на номиналните параметри на една луминесцентната лампа е 5 минути.

Зависимостта на намаляването на живота на луминесцентните лампи при чести пускания

и спирания е показана на (Фиг. 9. 3.).



**Фиг. 9. 3.** Зависимостта на живота на луминесцентните лампи според пусканията и спиранията (6)

### Въпроси и задачи

**Задача 1.** Какви видове луминесцентни лампи познавате?

**Задача 2.** Обяснете предназначението на всеки един елемент от устройството на луминесцентната лампа?

**Задача 3.** Каква температура е необходима, за да се създадат благоприятни условия за започване на „ дъгов разряд“ в луминесцентната лампа?

**Задача 4.** Анализирайте възникването на пробив в между електродното пространство.

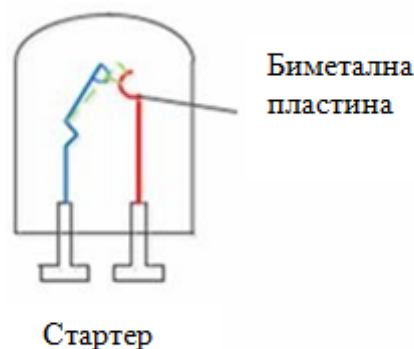
## 10. Пусково-регулираща апаратура

**Пусково-регулираща апаратура (ПРА)** означава устройство, разположено между електрическото захранване и една или повече лампи, което осигурява функционални възможности, свързани с работата на лампата(ите), като например промяна на стойността на захранващото напрежение, ограничаване на тока на лампата(ите) до необходимата стойност, осигуряване на пусково напрежение и ток за подгриване, предотвратяване на студено пускане, подобряване на фактора на мощността или намаляване на радиосмущенията.

Пуско-регулиращата апаратура се състои от дросели, стартери, запални устройства, преобразуватели на напрежението от променливо 230V на променливо или постоянно 12V или 230V/ 24V и др., контролери за управление на светлинният поток  $\Phi$ , системи за управление на светлинният поток и осветеността  $E$  във помещението.

### Устройство на пусково-регулираща апаратура

**Стартерът** има два биметални електрода подвижен и неподвижен. Предназначението на стартера е да затваря електрическата верига, като по този начин в дросела се създават условия, необходими за самоиндукция на високо напрежение (1000 волта). Лампата се запалва само при достигане на това напрежение.



Фиг. 10.1. Стартер (4)

При 170 волта започва дъгов разряд. Биметалните пластинки, когато се нагреят и огънат, затварят веригата. Това продължава, докато лампата се запали. След това стартера престава да функционира и напрежението намалява до между 100 и 110 волта.

**Дроселът** представлява бобина с магнитопровод, чиято цел е да осигури напрежението за запалване и след това да ограничи тока, който протича през лампата. Необходими са да

предпазват газоразрядните лампи от изгаряне, като ограничават стойността на тока, чрез своето индуктивно съпротивление XL.

Дроселите представляват магнитопровод с една намотка и върху тях се обозначават:

- Мощност на лампата (Рл);
- Напрежение на мрежата (Umрежа);
- Ток на лампата (Il);
- Честота ( $f = 50\text{Hz}$ );
- Живот на дросела ( $10\div 20$ ) години;
- Фактора на мощност;

Дроселите имат големи собствени загуби между ( $5\div 25$ )%, което е съществен недостатък. Затова с течение на времето се изместват от електронна пусково-регулираща апаратура (ЕПРА), която има значително по-ниски загуби на мощност до 10%, и значително намаляват пулсациите на светлинния поток.



*Фиг. 10.2. Дросел за газоразрядна лампа (42)*

**Кондензатори** - компенсиращият кондензатор се поставя се на входа на захранващата схема и служи за подобряване на фактора на мощност на мрежата - до  $\cos\varphi = 0.9\div 1$ . В дуосхемите служи за дефазирание на тока спрямо напрежението, с което се ограничават пулсациите на светлинния поток.

**Запални устройства**, използват се за натриеви лампи и метал халогенни лампи. Генерират комбиниран импулс, състоящ се от:

**Високоволтов импулс ( $2\div 5$ )kV**, необходим е за пробив в между електродното пространство на лампата.

**Нисковолтов импулс ( $600\div 800$ )V**, способстващ за преминаването на тлеещият разряд в дъгов разряд.

**Електронна пускорегулираща апаратура (ЕПРА)** - ЕПРА представляват електронни схеми, заместващи дросели, кондензатори и др., които осигуряват подходящо напрежение,

ток, запалване и нормален режим на работа на лампите с подобряване на техните характеристики:

- Повишаване на светлинният добив  $\eta$ , [lm/W];
- Намаляване на пулсациите
- Намаляване на собствените загуби - под 10%;
- Удължаване на живота на лампата

### Видове електронен баласт

**Таблица 10.1. Видове баласта според типа на лампата за която са предназначени**

TL-D (или T8)	TL5 (или T5) лампи с голям светлинен поток	За лампи с голяма енергийна ефективност
за 1 лампа	за 1 лампа	за 1 лампа
за 2 лампи	за 2 лампи	за 2 лампи
за 3 или 4 лампи	-	за 3 или 4 лампи

Електронният баласт изглежда като малък блок с изходни клеми. Вътре има една печатна платка, върху която е сглобена цялата схема. Блокът има малки размери и може да бъде монтиран в тялото дори на най-малката лампа. Параметрите са избрани така, че стартирането да става бързо и безшумно. На всяко устройство на гърба се отпечатва схема. От нея става ясно колко лампи са свързани към баласта, силата на лампите и техния брой, както и техническите характеристики на устройството.

### Въпроси и задачи

**Задача 1.** За какво служи стартера?

**Задача 2.** За какво служи дросела?

**Задача 3.** Обяснете предназначението на електронния баласт.

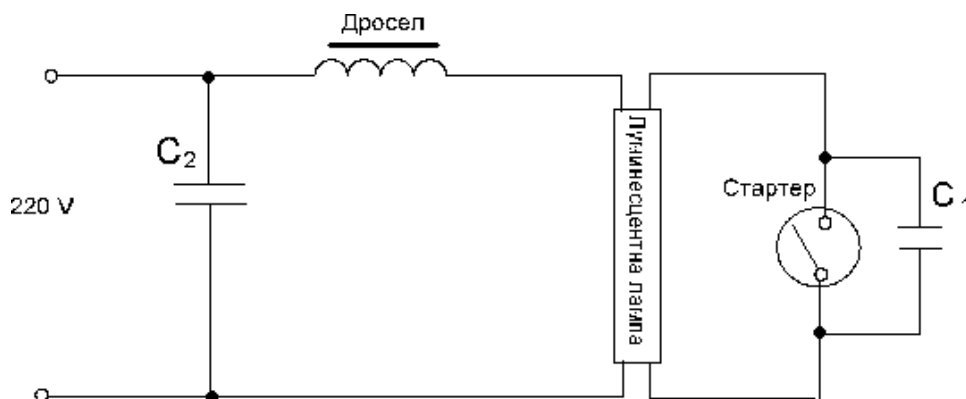


## 11. Схеми на свързване на луминесцентни лампи

Луминесцентната лампа има падаща волт-амперна характеристика, поради което не може да се свързва директно към електрическата мрежа. Включването на лампата се осъществява с помощта на пусково-регулираща апаратура (ПРА), която създава необходимите условия за запалването ѝ и за поддържането на електрически разряд с определени параметри. В зависимост от начина на запалване на лампата схемите биват стартерни и без стартерни. Последните от своя страна се подразделят на схеми с бързо и мигновено запалване. Към ПРА обикновено се включва допълнително устройство за отстраняване на радиосмущенията и за подобряване на фактора на мощността.

### Стартерни схеми на включване

На (Фиг. 11.1) е показана схема на включване на една лампа. Показана е индуктивна схемана включване на луминесцентна лампа посредством стартер с дъгов разряд. Лампата е свързана последователно с дросела, който изпълнява функцията на баластно съпротивление. Паралелно на лампата е включен стартерът. При включването на лампата в електрическата мрежа възниква разряд само в стартера, тъй като разстоянието между неговите електроди е много по-малко от разстоянието между електродите на лампата (принципа на запалване на лампата е разгледан подробно в тема 9). Кондензатора  $C_1$  служи за премахване на смущенията и стабилизиране на напрежението, а  $C_2$  служи да увеличи фактора на мощността  $\cos\phi$ .



Фиг. 11. 1. Индуктивна схема на включване

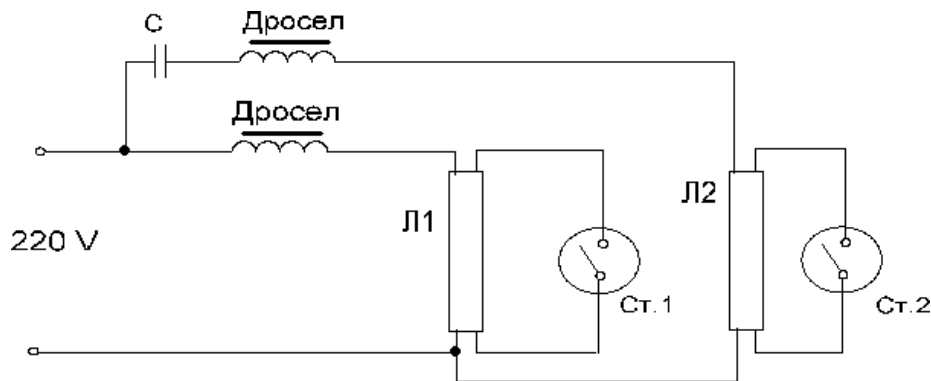
**Недостатъци на схемата:**

- Нестабилност на параметрите при недостатъчно загреети електроди;
- Контактите на стартера могат да се заварят;

Естественят фактор на мощността на луминесцентна лампа в индуктивна схема на включване е сравнително нисък  $\cos \varphi = 0.5 \div 0.6$ .

**Стартерна дуо-схема (с две лампи)**

Особеност на тази схема показана на (Фиг. 11.2) е наличието на кондензатор  $C$ , гарантиращ висок фактор  $\varphi$  на мощността  $\cos \varphi = (0.95 \div 1)$ . Предимството на стартерната дуо-схема е, че значително се намаляват пулсациите на светлинния поток  $\Phi$ . Компенсирана схема, едната лампа работи с много нисък  $\cos$ .



**Фиг. 11.2. Стартерна дуо-схема (с две лампи)**

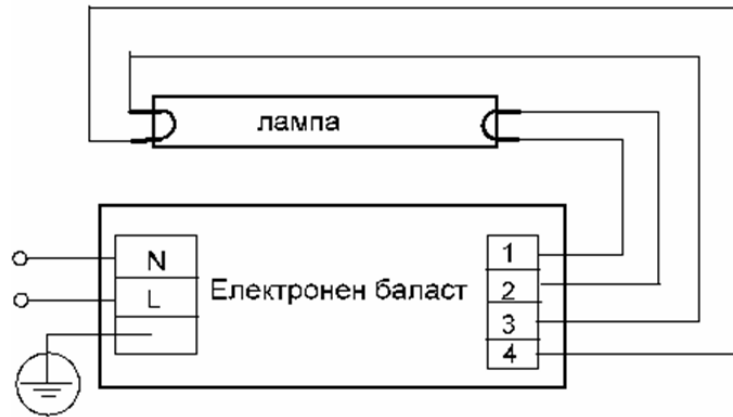
**Включване чрез електронен баласт**

**Включване чрез електронен баласт на една лампа** (Фиг. 11.3), при това включване всеки електронен контролен механизъм има входни клеми за захранване на мрежовото напрежение и изходни клеми за натоварване.

**L** - фаза на захранващата линия;

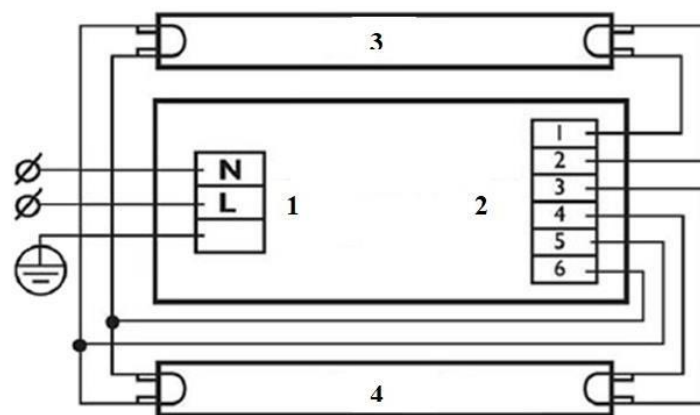
**N** е нулевата линия;

**1 ... 4** - свързващи щифтове;



**Фиг. 11. 3. Включване чрез електронен баласт на една лампа**

Включване чрез електронен баласт на две лампи (Фиг. 11.4.)



**Фиг. 11. 4. Включване чрез електронен баласт на две лампи**

Процедура за свързване на лампите към устройството за пускане и управление.

**1** - интерфейс за мрежа и заземяване;

**2** - интерфейс;

**1 ... 6** - интерфейсни пинове;

**3,4** - лампи ;

**Предимства на схемата:**

1. Големи спестявания на енергия;
2. Плавно включване;
3. Допустима работа при ниски температури;

## Въпроси и задачи

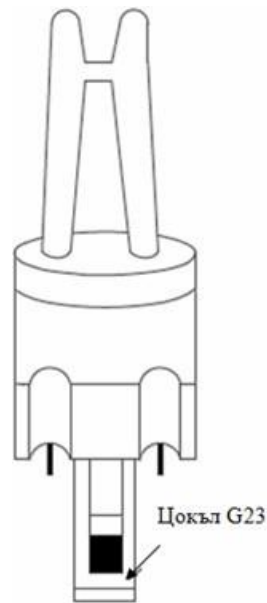
**Задача 1.** Опишете стартерните схеми на включване на луминесцентна лампа.

**Задача 2.** Опишете схемата на включване чрез електронен баласт.

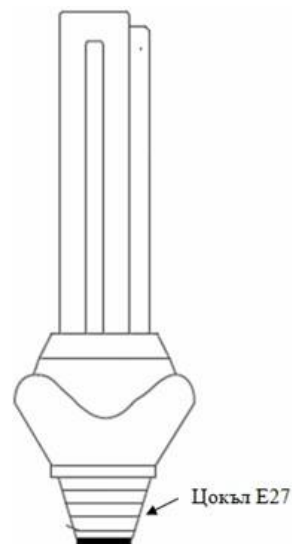
**Задача 3.** За какво служи кондензатор  $C$  в стартерната дуо-схема?

## 12. Компактна луминесцентна лампа (КЛЛ)

Компактни луминесцентни лампи (КЛЛ) са създадени през 1980 година и се отличават с висок светлинен добив  $\eta$  (капа), малки габарити и голяма трайност. Тяхната по-малка дължина на луминесцентната тръба се получава чрез създаване на няколко участъка, огънати и свързани по специална технология.



Фиг. 12.1. а - КЛЛ с външен дросел <2>



Фиг. 12.1. б - КЛЛ с вградена електронна пуско- регулираща апаратура <2>

Компактна лампа с външен дросел е показана на (Фиг. 12.1.а), а на (Фиг. 12.1.б) е компактна лампа с вградена електронна пусково-регулираща апаратура.

Тръбичката на лампата съдържа луминофор от редки метали, които могат да работят при по-висока повърхностна плътност на облъчване, отколкото стандартните луминесцентни лампи. Тръбичките съдържат живак около 15 mg, а налягането достига 400 Pa.

### Параметри

Електрическите и светлотехнически характеристики съответстват на стандартните луминесцентни лампи със същата мощност, но габаритите им са два пъти по-малки, което дава възможност да се разработят по-малогобаритни осветителни тела.

### Предимства и недостатъци на компактни луминесцентни лампи(КЛЛ)

Предимствата на КЛЛ са в по-малка консумация на светлинен поток и по-дългия им живот, който е около 8000 часа. Основен недостатък на компактните лампи е по-високата им цена в сравнение със стандартните.

### Приложение

Компактните луминесцентни лампи се използват за осветление в административни и битови сгради, по-рядко за улично осветление (там не са достатъчно ефективни).



Фиг. 12.2. Видове компактни луминесцентни лампи (КЛЛ) <43>

## Въпроси и задачи

**Задача 1.** Опишете устройството на компактна луминесцентна лампа.

**Задача 2.** Избройте основните предимства и недостатъци.

**Задача 3.** Опишете използването им в практиката.

### 13. Живачни лампи

Живачната лампа принадлежи към газоразрядните устройства с високо налягане. Лампите, съдържащи живак, са специфичен източник на светлина, в който газовият разряд генерира оптично лъчение в живачни пари. Приоритетната област на използване е осветлението на улици, предприятия, гаражи и промишлени работилници. Използват се там, където е необходим мощен светещ поток и не се налагат специални изисквания за качеството на цветово възпроизвеждане.

В тях за източник на светлина се използва дъгов разряд на смес от инертен газ и живачни пари с високо налягане. Характерно за този разряд е, че около 85% от него е във видимия спектър, а останалите 15% са невидими ултравиолетови лъчи. Тези лампи се отличават със сравнително висок светлинен добив и продължителност на светене 6000 часа.

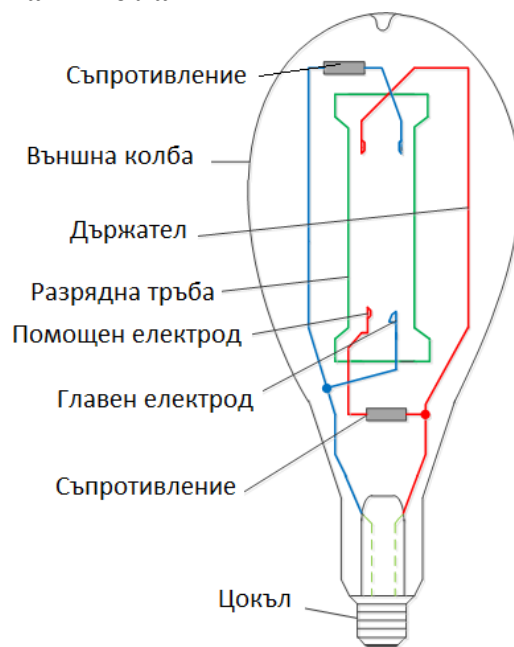
#### Класификация на лампите

**RLND** - лампи с ниско налягане на живачни пари под 0,01 МПа;

**RLVD** - модули с високо налягане на живачни пари от 0,1 МПа до 1 МПа;

**RLSVD** - уреди, които имат налягане на живачни пари надвишаващо 1 МПа;

#### Устройство на живачните лампи



Фиг. 13. 1. Устройство на живачната лампа (4)



Живачните лампи се състоят от кварцова тръба, разположена в стъклена колба (Фиг. 13.1). Вътрешната повърхност на колбата се покрива с луминофор. Той пропуска видимата част на светлинното излъчване, а под действие на ултравиолетовите лъчи луминесцира в червено-оранжевата област. Разрядната тръба се изпълва с инертен газ (аргон) с налягане 3 - 4 kPa, към който се прибавя живак. В двата края на тръбата се монтират основните електроди и един спомагателен за първоначално запалване на лампата. При включване на захранващо напрежение към работните електроди ток през тръбата не протича, защото газа не е йонизиран. Между работния и спомагателния електрод, които са близо един до друг възниква тлеещ разряд. Токът загрява работния електрод и той започва да отделя електрони, които йонизират газа. Температурата в тръбата се повишава, живакът се изпарява и налягането му достига 200-800 kPa. Живачните пари подобряват условията за протичане на дъговия разряд и спомагат за увеличаване на светлинния добив и разширяване на излъчвания спектър.

Формата на лампите е избрана от изискването за осигуряване на голяма механична якост при високо налягане и ниски разстояния между електродите. При някои видове има спомагателен електрод на запалването под формата на волфрамов проводник.

### **Компоненти на живачната лампа**

**Колбата** е направена от магнезиево или кварцово стъкло. Пространството на колбата под налягане се запълва с инертен газ, осигуряващ изолация на топлообмена между вътрешната среда и горелката.

### **Цокъл**

**Кварцова горелка - разрядна тръба** - направена е от трудно топимо кварцово стъкло. Съдържа аргон и живак. Аргона се използва за облекчаване на запалването на разряда и защитаване на електродите от разрушаване.

**Главен електрод** - разположен в краищата на разрядната тръба и представлява волфрамова пръчица върху която е нанесена оксидна паста, като отгоре е навита плътно в спирала в няколко слоя волфрамова жичка. Оксидната паста улеснява запалването на дъгата.

**Помощен електрод** - Помощните електроди (един или два) са направени от волфрам и са разположени на разстояние 1 - 2 mm от главните електроди. Всеки от тях е свързан с противоположния главен електрод през съпротивление от 10 до 20kΩ.

**Съпротивлението** улеснява запалването на лампата.

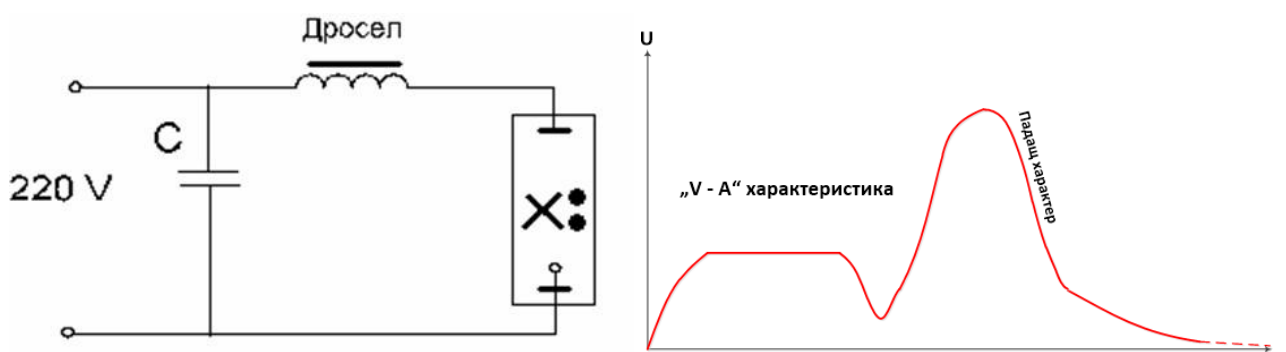
Тези лампи се използват за общо осветление на помещения с височина над 7 - 8 метра.

Имат светлоотдаваемост 40 - 60lm/W и може да ги откриете в производствени помещения, когато няма особени изисквания към цветоподаването, особено във високи помещения и такива, в които е трудно обслужването на осветителите, защото имат дълъг живот.

Те са много подходящи за външно осветление - улично, парково и др. Произвеждат се с мощности от 50 до 400, по-рядко 700W.

### Схема на свързване

На Фиг.13.2 е показана схемата на свързване и волт-амперната характеристика на живачната лампа с високо налягане. Като разрядна лампа, тя има падаща волт-амперна характеристика (ВАХ). Това е причина последователно на лампата да се включва индуктивен баласт (дросел), който със своето индуктивно съпротивление  $X_L$  ограничава тока и предпазва да не изгори лампата. В схемите на включване на живачната лампа с високо налягане не се използва запалително устройство. След включване се появява разряд между основния и спомагателен електрод. Йонизиращият газ в горелката запалва този разряд между електродите. След запалването на лампата разрядът между електродите приключва. Животът на лампата е около 9000 часа и намалява с увеличаване на захранващото напрежение над номиналното за лампата. С увеличаване на напрежението се увеличават светлинния поток  $\Phi$ , мощността  $P$  и тока  $I$ . Увеличеният ток  $I$  през лампата е причина за съкращаване на живота на лампата.



Фиг. 13.2. Схема на свързване и волт-амперната характеристика (4)

### Параметри и характеристики

Мощностите на живачните лампи са: 80W, 125W, 250W, 400W, 700W и т.н. Цветната температура е  $T_{\text{цв}} = 4000\text{K}$ , а индексът на цвето предаване на ЖЛВН с луминофор е  $R_a = 45 \div 60$ , тоестне е висок.

Светлинният добив е в диапазона  $(30 \div 60) \text{ lm/W}$ , по-нисък в сравнение със светлинния добив на другите разрядни лампи с високо налягане (натриеви и металхалогенни).

При живачните лампи температурата на колбата е значително по-висока от тази на луминесцентните лампи  $(150 \div 200)^\circ\text{C}$ , а освен това дължината на вълната на резонансните линии в ултравиолетовата част на спектъра е по-голяма  $\lambda = (313 \div 365) \text{ nm}$ . Живачните лампи с нанесен луминофорен слой на вътрешната повърхност на външната колба се наричат **живачни лампи с коригиран спектър**. Конструктивното им устройство не се различава от това на обикновената живачна лампа.

Произвеждат се и бездроселни ЖЛВН, но имат ограничено приложение. Тези лампи имат още по-нисък светлинен добив, около  $20 \text{ lm/W}$  и кратък живот - около 2000 часа.

### Предимства и недостатъци на живачните лампи

#### Предимствата са:

1. Дълъг експлоатационен живот, достигащ 12 000 часа;
2. Висока светлинна ефективност с относително малки размери;
3. Работа в широк температурен диапазон;
4. Ниски разходи за монтаж и поддръжка;
5. Разумни разходи, позволяващи използването на такива устройства дори в дома;

#### Недостатъците са:

1. Нисък праг на готовност за включване;
2. Слабо ниво на цвето предаване;

Ако в момента на работа нагрятата лампа внезапно се изключи поради спад на напрежението в мрежата или поради други обстоятелства, не е възможно веднага да я включите. Първо устройството трябва да се охлади напълно и едва след това ще се окаже, че се активира отново.

## Въпроси и задачи

**Задача 1.** Дефинирайте понятието помощен електрод.

**Задача 2.** Опишете устройството на лампата.

**Задача 3.** Избройте предимствата и недостатъците на живачната лампа.

## 14. Метал-халогенни лампи с високо налягане

**Метал-халогенната лампа** е лампа с нажежаема жичка, в балона на която е добавен халоген. В сравнение с лампите с нажежаема жичка, те са много по-малки и имат по-голяма трайност. Модерните лампи са със специално покритие, което отразява топлинното (инфрачервеното) лъчение и допринася за значителното увеличаване на светлинното лъчение. По конструкция приличат на живачните лампи с високо налягане. Имат кварцова разрядна тръба, два основни електрода и един спомагателен. Кварцовата тръба е поставена в колба от боросиликатно стъкло. Тръбата съдържа инертен газ, малко живак и едно или повече съединения на редки метали (йодиди на талий, индий, торий). При работа живакът се изпарява и спомага за възникването на стабилна дъга с налягане 500 - 800 kPa. Температурата е 1000 - 1050 K.

В студена лампа йодидите са отложени върху стените на кварцовата тръба. При достатъчно висока температура те дифундират в зоната на дъговия разряд, разлагат се и освободените метални атоми се възбуждат и излъчват видима светлина.

### **Общ вид на метал-халогенна лампа**

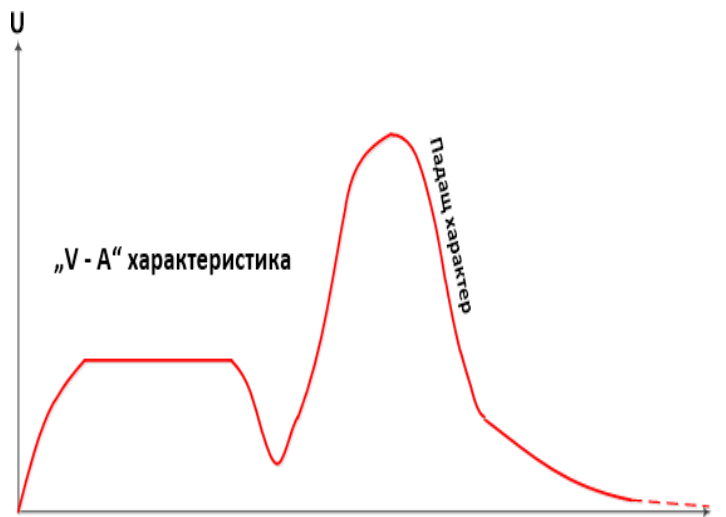
Общият вид на метал-халогенната лампа с високо налягане е показан на (Фиг. 14.1). Устройството ѝ е подобно на живачната лампа. Външната колба е с цилиндрична форма, а в разрядната тръба освен аргон и живак се въвежда и определено количество халогенни (йодидни) съединения: натриев йодид, талиев йодид, индиев йодид, тулиев йодид и др. Налягането на живачните пари е няколко атмосфери. Благодарение на това спектърът на метал-халогенните лампи е значително по-благоприятен за общо осветление от този на живачната лампа с високо налягане. Цветната температура е около 5500° K



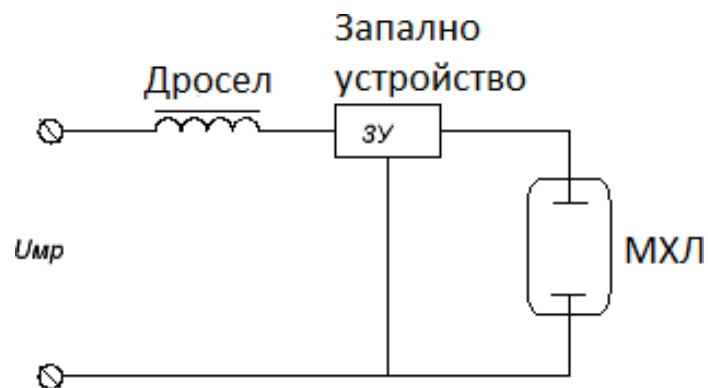
Фиг. 14.1. Общ вид на метал- халогенната лампа (4)

#### Схема на включване

Метал-халогенната лампа с високо налягане, като разрядна лампа има падаща волт-амперна характеристика (Фиг.14.2). Това е причина последователно на лампата да се включва индуктивен баласт дросел и запално устройство (Фиг.14.3), което осигурява високоволтов импулс в диапазона от  $8 \div 5 \text{ Kv}$ .



Фиг. 14.2. Волт-амперна характеристика (4)



Фиг. 14.3. Схема на включване (3)

### Параметри и характеристики

Мощностите на метал-халогенни лампи са: 35W ( 100W, 150W, 250W, 400W, 1000W, 2000W, 3000W, 3500W и др). Животът на лампата се определя от мощността на лампата, като започва от 6000 часа за мощности 250÷ 400 W и стига до 2000 часа за 1000W и 2000W. С увеличаване на захранващото напрежение към веригата на лампата се увеличават светлинния поток  $\Phi_l$ , мощността  $P_l$  и тока  $I_l$ .

### Приложение на метал-халогенните лампи

За външно ползване, за осветление на стадиони, летища, представителни площи, фасади, стадиони и други. За вътрешно ползване, в промишлеността, спортни зали, телевизионни и киноснимачни студии.



Фиг. 14. 4. Приложение на метал- халогенните лампи (44)

## Въпроси и задачи

**Задача 1.** Опишете устройството на метал-халогенни лампи с високо налягане.

**Задача 2.** Къде намират приложение метал-халогенни лампи

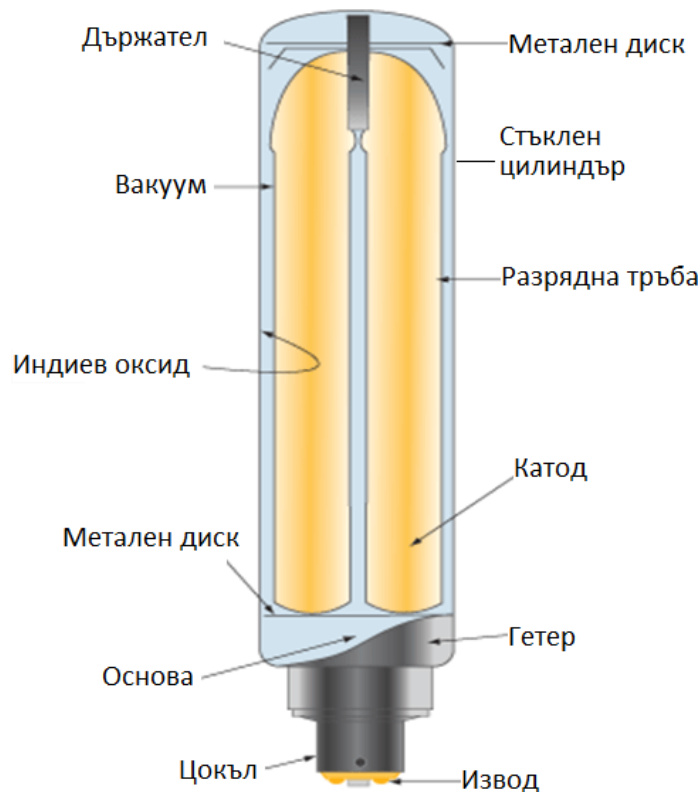


## 15. Натриевы лампи

**Натриевите лампи с ниско налягане** осигуряват около 200 lm /W, но се характеризират с топла цветова гама. Имат висока пропускливост на светлина и леко намаляване на светлинния поток при продължителна работа.

### Устройство на натриевата лампа с ниско налягане

Лампата е изградена от стъклен вакумиран цилиндър с дозирано количество индиев диоксид, разрядна тръба (обикновено с U образна форма, рядко с права) с не кръгло сечение, която съдържа неон, аргон и натрий. Дъговият разряд започва в неонова среда и преминава в натриеви пари с ниско налягане ( 0, 53÷ 1, 2) Pa. Включва се към мрежата през разсейващ трансформатор, който служи за запалване и ограничаване на тока на лампата, тъй като и тя работи в падащия дъгов разряд на волт-амперната характеристика.



Фиг. 15.1. Устройство на натриевата лампа (4)

### Параметри и характеристики

Мощностите на натриевата лампа с ниско налягане са: 18W, 35W, 55W 66W, 90W, и др. Нагряването до установено състояние е от 10 до 15 минути след запалването ѝ. Животът на лампата е около 9000 часа. Светлинният добив е най-висок  $k= 180 \text{ lm /W}$ . Цветната

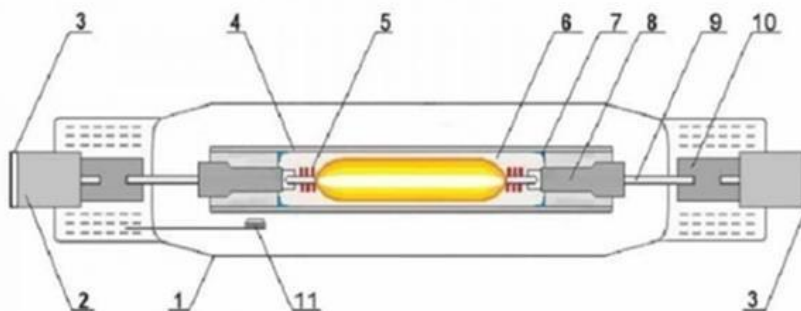
температура  $T_{\text{цв}} = 1700 \text{ K}$  е много ниска, тази лампа има най-нисък индекс на цвето предаване в сравнение с останалите разрядни лампи  $R_a = 0$ . Натриевата лампа с ниско налягане излъчва само монохроматична жълта светлина.

### Приложение

Поради липсата на цвето предаване и монохроматичната на излъчване, тези лампи намират ограничено приложение. Поради монохроматичността само в жълт цвят се получава голяма острота на зрението, което е благоприятно за контрол на отливки и метални изделия, откриване на шупли и пукнатини.

### Устройство на натриеви лампи с високо налягане

В разрядната тръба има дозирано количество натрий  $\text{Na}$ , което е основно работно вещество за дъговия разряд. Налягането на натриевите пари е  $(13 \div 33) \text{ kPa}$ . На тях се дължи жълтият цвят на светлината. В разрядната тръба има и малко количество живак, който служи като буферен газ за повишаване на температурата на дъговия разряд. Налично е и малко количество ксенон за повишаване на светлинния добив. Външната колба може да бъде с или без луминофор, като по-разпространени са лампите без луминофор.



Фиг. 15.2. Натриева лампа с високо налягане (30)

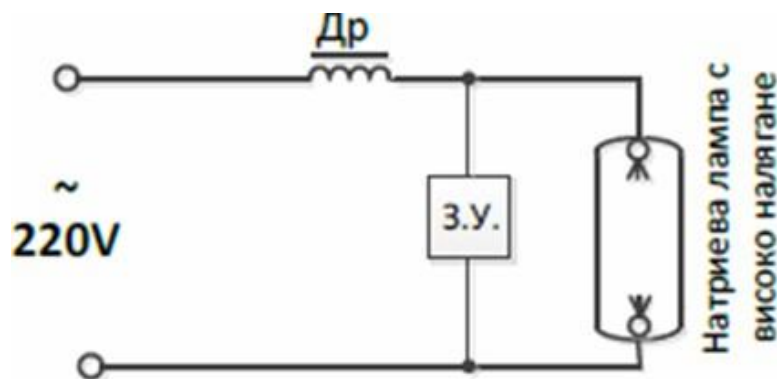
### Компоненти на натриева лампа с високо налягане

1. Колба
2. Цокъл
3. Контактни плочи
4. Разрядна тръба - съдържа натрий (основно работно вещество), неон и аргон.
5. Електроди от молибден
6. Натриеви пари в разрядната тръба - имат ниско налягане
7. Натрий
8. Уплътнение

9. Проводник
10. Молибденова пластина
11. Гетер - върху този пръстен, се поставя специална таблетка, която след затваряне на голямата колба, се разпрашва и действа като газопогълцател на ненужните вещества в колбата.

### Схема на свързване

Тези лампи имат падаща волт-амперна характеристика (ВАХ). Това е причина последователно на лампата да се включва индуктивен баласт и високочестотно запално устройство импулс (2,5÷ 4) kV.



Фиг. 15.3. Схема на свързване (4)

### Параметри и характеристики

Мощностите на натриевата лампа с високо налягане са в голяма гама: 50W, 70W, 100W, 250W, 400W, 700W и др. Нагряването до установено състояние е от 10 до 15 минути след запалването. Върху гетера (пръстена) се поставя специална таблетка, която след затваряне на външната колба се разпрашва и действа като газопогълцател на ненужни вещества в колбата. Светлинният добив е  $k = (80 \div 130) \text{ lm/W}$ . Животът на лампата е от 10 до 15 000 часа. С увеличаване на захранващото напрежение към веригата на лампата се увеличават светлинният поток  $\Phi_l$ , мощността  $P_l$  и тока  $I_l$ .

### Приложение

Тези лампи се използват за външно улично осветление на улици, площади, магистрални тунели и др. Приложение намират и за вътрешно осветление в леярски и ковашки цехове, цехове с монтаж на голямо габаритни детайли и други.

## Предимства и недостатъци на натриевите лампи

### Основните предимства са:

- Висока светлинна ефективност;
- Дълъг живот (до 32 хиляди часа);
- Лека промяна в светлинния поток, по време на работа;
- Ефективност на кандидатстване;
- Работен температурен обхват, който е от  $-60^{\circ}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ ;

### Недостатъци:

- След продължителна употреба променят своята цветова гама;
- Ефективността на тези лампи е в зависимост от температурата на околната среда;
- Вредни за околната среда, тъй като съдържат натриево-живачни съединения;
- Работят само при незначителни колебания в захранващото напрежение;
- Неблагоприятен спектър поради жълтият цвят на светлината;

## Въпроси и задачи

**Задача 1.** Опишете устройството на натриевите лампи за ниско налягане.

**Задача 2.** Дефинирайте светотехническият параметър светлинен добив.

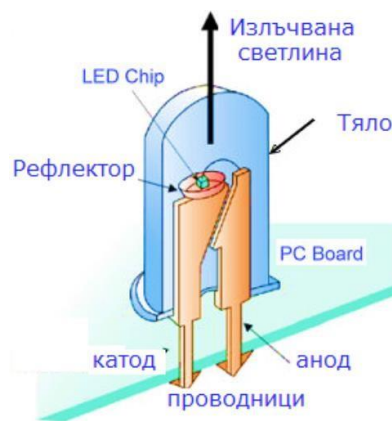
**Задача 3.** Избройте предимствата и недостатъците на натриевите лампи.

## 16. LED източници на светлина

LED технологията ще допринесе значително за постигане на целите на стратегиите на Европа за интелигентен, устойчив и приобщаващ растеж и по специално по отношение на подобряването на европейската цел за енергийна ефективност. LED технологията може да реализира икономии на електроенергия до 50 % и в комбинация с интелигентни системи за управление на осветлението до 70 % в сравнение с днешната консумация.

### Устройство на диод за светлинна индикация

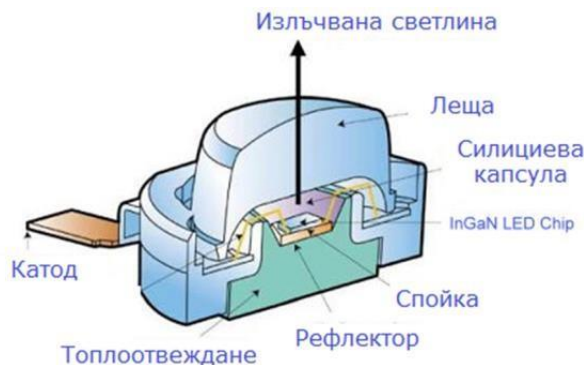
При сравнително ниска мощност (по-малко от 0,2W) LED индикаторите показват умерена яркост. Използват се широко при въвеждането на цветни дисплеи за осветяване на табла.



Фиг. 16.1. Устройство на диод за светлинна индикация {31}

### Устройство на диод излъчващ светлина

Осигуряват висока интензивност на светене. Имат висока мощност.

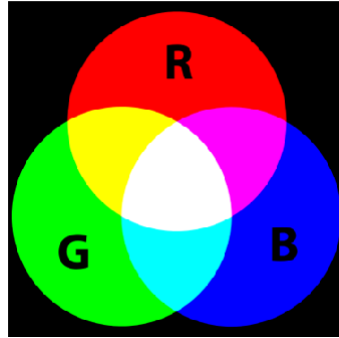


Фиг. 16.2. Устройство на диод излъчващ светлина {31}

## Съвременни LED технологии

### ➤ Получаване на бяла светлина, чрез смесване на цветове

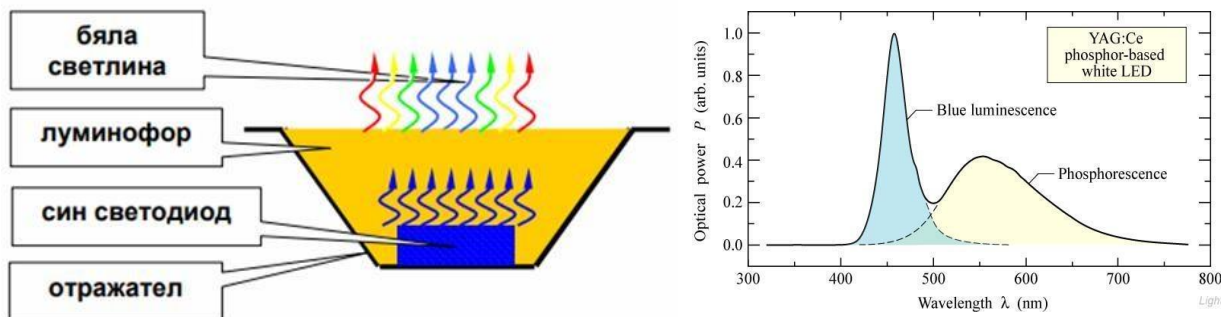
Синият светодиод в съчетание със зелен и червен, създава бяла светлина с висока енергийна ефективност, което позволява впоследствие да се произведат светодиодни лампи, екрани със светодиодна подсветка и др.



Фиг. 16.3. Получаване на бяла светлина, чрез смесване на цветове (6)

### ➤ Преобразуване на дължината на вълната и получаване на бяла светлина, чрез:

✚ Син светодиод и жълт люминофор



Фиг. 16. 4. Син светодиод и жълт люминофор (6)

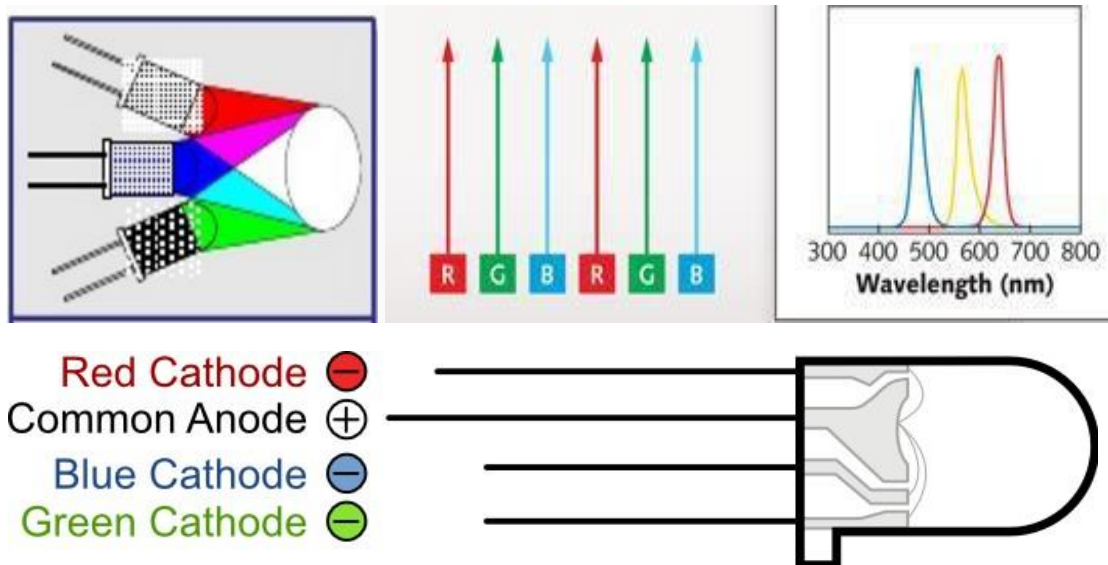
### Устройство и действие:

1. Син светодиод (AlInGaN -  $\lambda \sim 465$  nm);
2. Част от светлината преминава през люминофора и дава своя принос при формирането на бяла светлина;
3. Друга част от синята светлина се поглъща от люминофора, който я излъчва в широка спектрална ивица, с център в жълтата област ( $\lambda \sim 560$  nm);

### ✚ Ултравioletов LED с луминофор RGB (Фиг. 16.5.);

Използва се светодиод, излъчващ ултравioletова радиация, попадаща върху червени, зелени и сини (RGB) луминофори.

Когато ултравioletовата радиация, пада върху червените, зелени и сини луминофори ги възбужда. Започва излъчване на радиации, които се смесват и осигуряват бяла светлина. Тази бяла светлина има по-широк спектър с дължина на вълната, отколкото споменатата по-горе технология.



Фиг. 16.5. Ултравioletов LED с луминофор RGB <6>

#### ➤ Хомо - епитаксиална технология

По тази технология се генерира бяла светлина от епитаксиален син LED слой върху субстрат на цинков селенид (ZnSe). Имаме едновременно излъчване на синя светлина от активната област и жълта светлина от субстрата. Епитаксиалният слой на LED излъчва зеленикаво - синя светлина при 483 nm, докато субстратът от ZnSe излъчва едновременно оранжева светлина при 595 nm. Комбинацията от тях произвежда бяла светлина и получаваме бял LED, чиято цветова температура е в диапазона от 3000 K. Средният живот на този бял светодиод е около 8000 часа

**Индекс на цвето предаване**, Ra или CRI (Color Rendering Index) е количествен показател за способността на източник на светлина да разкрие коректно цветовете на различни предмети в сравнение с еталонен източник на светлина (еталон D65-слънце; еталон A - халогенна лампа). Изменя се от 0 (липса на цвето предаване) до 100 (еталонно цвето предаване).



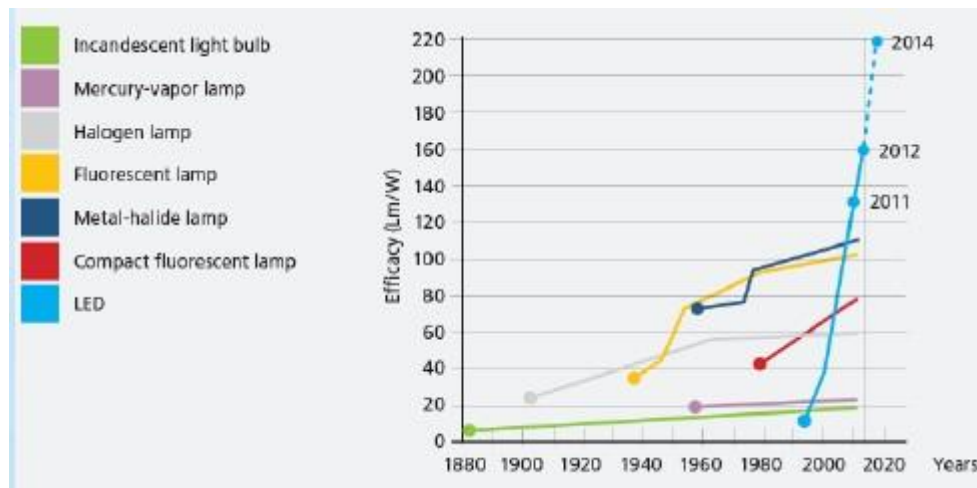
**Фиг. 16.6. Разпознаване на цветовете на предметите по отразения от тях цвят** (6)

**Цветовият спектър на светодиодите** зависи единствено от р-п прехода. Именно тук се случва рекомбинацията на електрони и „дупки“ с освобождаването на фотони светлина. По този начин физически цветът на светлината на светодиода зависи от материала на полупроводника и от неговите примеси. Чрез промяна на ширината на забранената зона на р-п прехода, може да се получи всякакъв цвят. Цветната температура на LED лампите покриват целия цветови спектър на светлината (червен, оранжев, зелен до 16 милиона цвята). Трите основни категории за са:

- Топло бяла (жълтеникава) - от 2700К до 3300К;
- Неутрално (бяла) - от 4000К до 4500К;
- Студено бяла (синкава) - от 6000К до 6500К;

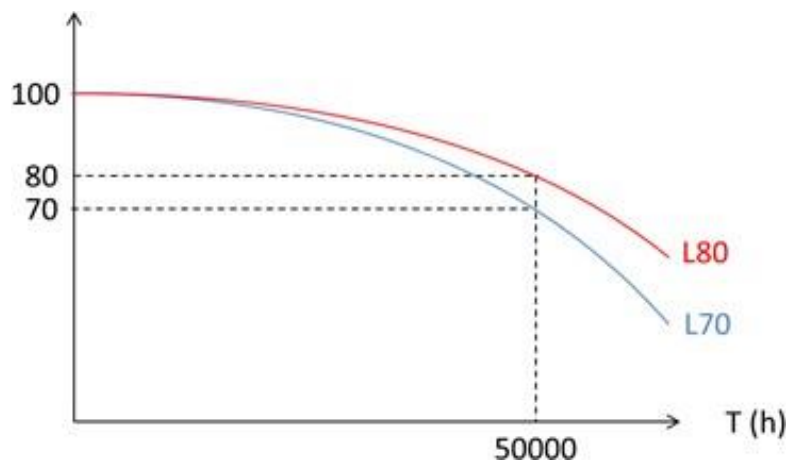
Изменението на светлинния добив на светлинните източници през годините на тяхната експлоатация е показан на Фиг. 16.7.





**Фиг. 16.7. Изменението на светлинния добив на светлинните източници през годините (6)**

**Живот на LED** - Светлинния поток значително намалява с увеличаване на работните часовена LED.



**Фиг. 16.8 Графика на зависимостта на светлинния поток и времето на експлоатация (6)**

Ефективността и живота на LED са тясно свързани с работната му температура. Когато температурата се увеличи с 10 градуса, животът на светодиода намалява два пъти, а светлинният поток с 3% до 8%.

### Основни предимства на LED

- Използва по-малко електричество и дава повече светлина;
- Не излъчва почти никаква топлина;
- Не съдържат вредни за околната среда вещества;

- Не излъчват UV лъчи;
- Намаляват емисиите на въглероден диоксид;
- Лесни за монтаж, тъй като използват стандартното напрежение;
- Миниатюрните размери на светодиода позволяват създаването на красиви дизайни на LED осветителни тела;
- Моментално включване на светлината, с хиляди цикли на включване и изключване;
- Ефективността на LED осветителни тела не се влияе от размерите им, за разлика от другите видове лампи;
- Удароустойчиви;
- По-ниска цена в дългосрочен план, тъй като надвишават живота на лампите с нажежаема жичка с хиляди часове;

#### **Основни недостатъци на LED**

- Цената на LED лампите е по-висока от цената на обикновените лампи;
- При променливо напрежение на захранване е възможно да изгори вграденият светодиод;
- Високата или много ниска външна температура, може да увреди светодиода;

### **Въпроси и задачи**

**Задача 1.** Дефинирайте понятието светодиодна електроника.

**Задача 2.** Сравнете устройството на диод за светлинна индикация с това на диод излъчващ светлина.

**Задача 3.** Избройте предимствата и недостатъците на LED източници на светлина.

**Задача 4.** Опишете получаването на бяла светлина чрез преобразуване на дължината на вълната по метода ултравиолетов LED с луминофор RGB.

## 17. Схеми на свързване на LED светодиоди

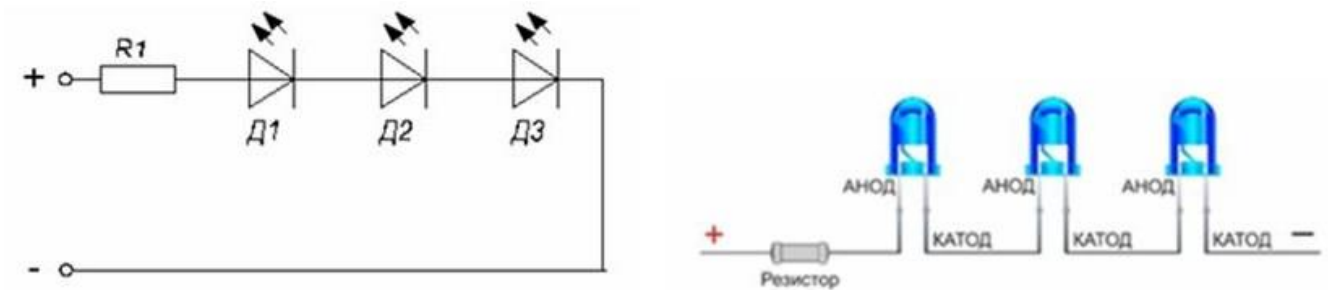
При свързването на LED светодиоди се използва ограничителен резистор, който ограничава тока през светодиода и по този начин го предпазва от изгаряне. Този резистор определя работната точка на светодиода върху волт -амперната характеристика.

При свързване на светодиодите в електрически вериги за захранване с цел излъчване на електромагнитен поток, трябва да бъдат взети под внимание техните особености:

- Сравнително малко съпротивление;
- Относително широки толеранси на изменение на тока в права посока при малка промяна на напрежението в права посока;
- Температурна зависимост на съпротивлението, тока и напрежението на светодиода в права посока;

### Последователно свързване на светодиоди

При последователно свързване на светодиоди катодът на първия диод е свързан с анода на втория и т.н. Тази схема е показана на Фиг. 17.1. Такова свързване намалява консумацията на енергия и позволява едновременно да се свържат голям брой диоди, например във вид на гирлянди. Всички светодиоди, които са свързани последователно, трябва да бъдат от един и същи тип. Захранването трябва да има достатъчно мощност, за да осигурява съответното напрежение.



Фиг. 17.1. Последователно свързване на светодиоди (45)

**Предимства** на веригата от последователно свързани светодиоди са:

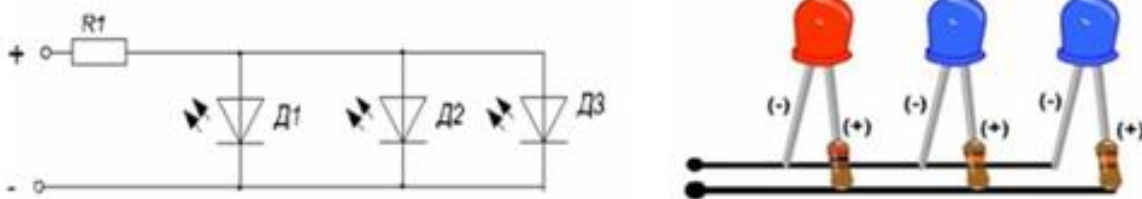
- Проста конфигурация, включваща една верига;
- Всички светодиоди от веригата получават ток с еднаква стойност;

**Недостатъци** на веригата от последователно свързани светодиоди са:

- Възникването на много високо изходно напрежение;
- Цялата верига прекъсва, ако диодът се повреди;

### Паралелно свързване на светодиоди

На Фиг. 17.2 е показана схемата на паралелно свързване на светодиоди.

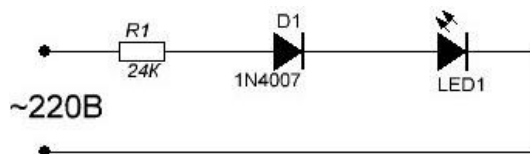


**Фиг. 17.2. Паралелно свързване на светодиоди** <46>

Предимството на паралелно свързаните светодиоди е, че ако един се повреди, цялата верига ще продължи да работи. В много схеми, паралелното свързване се комбинира с последователно, което позволяват да се създават функционални електрически уреди.

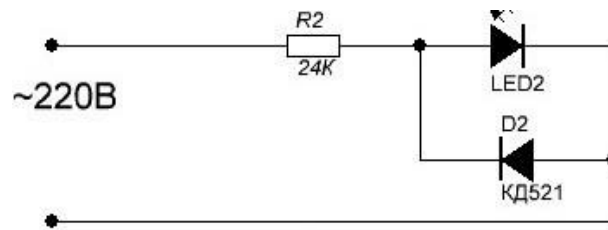
### Схема на свързване на LED светодиоди към 230 волта

**Първи метод** - включване на обикновен диод с обратно напрежение (не по-ниско от 400V), последователно със светодиода. Той няма да пропусне високото напрежение на отрицателния електрод към светодиода. Схемата на такава защита е показана на Фиг.17.3.



**Фиг. 17.3. Включване на обикновен диод с обратно напрежение** <32>

**Втори метод** - паралелно свързване на два светодиода. Те ще се защитят взаимно и дори и двата ще излъчват светлина, както е показано на фигура Фиг. 17.4. Ограничаващият резистор във веригите има съпротивление 24K $\Omega$ , което осигурява ток от около 9.16mA при работно напрежение 220V.



Фиг. 17.4. Паралелно свързване на два светодиода (32)

### Въпроси и задачи

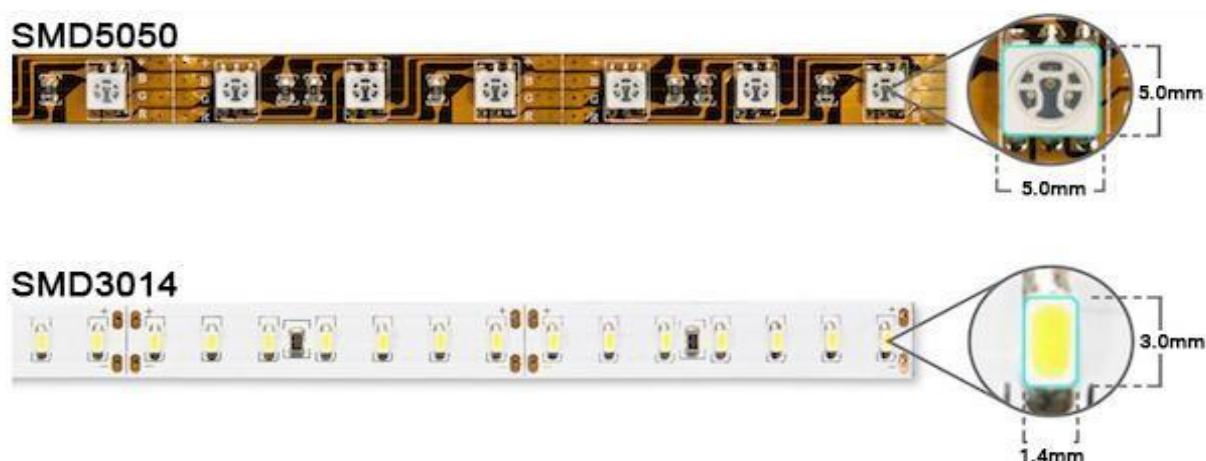
**Задача 1.** Обяснете последователната схема на свързване. Изяснете предимствата.

**Задача 2.** Изяснете предимствата при паралелната схема на свързване.

**Задача 3.** Анализирайте свързването на LED светодиоди към 220 волта.

## 18. Светодиодни ленти

LED лентата е гъвкава печатна платка оборудвана с лепилен слой, върху която са запоени SMD светодиоди за повърхностен монтаж (Фиг. 18.1.). Числата 5050, 3014 и т.н., показват физическите размери на чипа в милиметри. Най-голяма популярност на LED лентите имат RGB моделите със светодиоди SMD5050. Управлявани от RGB контролер, те могат да светят с хиляди различни цветове. Всеки диод SMD5050 е съставен от три малки диода всеки светещ с един от основните цветове - червен, зелен и син. Това са основните три цвята, от които се получават всички останали цветове. Всеки от тези три цвята се управлява от отделен канал на RGB контролера и в зависимост от това с каква сила свети в момента всеки един от каналите лентата излъчва различни цветове. Лентата може да бъде прекъсвана на всеки три диода независимо дали моделът е с 30 или 60 диода на метър. На всички ленти това място обикновено е обозначено с пунктирна линия, а понякога е нарисувана и ножица.



Фиг. 18.1. LED лента <33>

### Видове LED ленти

#### ➤ Според използвания диод:

Най-често използваният модел в LED ленти е диод SMD3528. Той е по-слаб от SMD5050, но пък е с по-ниска цена, което се оказва определящо. Характерното за лентите с този диод е, че те могат да светят само в един цвят. Лентите с диод SMD5050 освен стандартните цветове могат да бъдат изработени и във вариант RGB (различни цветове) с четири извода - общ анод или катод и един извод за всеки цвят.

➤ **Според брой диоди на метър:**

LED лентите с диод SMD3528 се срещат най-често с 60 диода на метър, за разлика от тези с SMD5050, които се срещат и с 30 и с 60 диода на метър. LED лента SMD5050 с 30 диода излъчва над два пъти повече светлина от тази с SMD3528.

➤ **Според степента на защита:**

- **LED ленти без защитно покритие IP20** - те са подходящи само за интериорно осветление в помещения с нормална влажност.

- **Влагозащитените модели със силиконова заливка IP65** - могат да се използват за екстериорно осветление, както и в помещения с повишена влажност без да са в пряк контакт с вода.

- **Водоустойчивите модели IP68** - могат да се използват за декоративно осветление на басейни, шадравани, аквариуми и на други места, където LED лентата трябва да е потопена под вода.

➤ **Според цвета:**

Бели, топло бели, цветни (сини, червени, жълти, зелени) или RGB (управляват се с контролери за постигане на различни нюанси и ефекти).

### **Основни параметри на LED лентите**

**Тип на използваното устройство** - този параметър се счита за най-важен при производството на устройствата. Светлината се движи под ъгъл от 120 до 160 градуса.

**Обща консумация на енергия** - зависи от това колко диоди ще бъдат разположени на лентата. Като правило се използва LED лента с 60 светодиода на метър. Техническите характеристики на всяко устройство подчертават колко мощност има върху лентата. Мощността може да бъде посочена на метър или за цялата дължина на лентата.

➤ **Размери на лентата (дължина)** - като правило се използват LED ленти, чиито дължина е 5 метра.

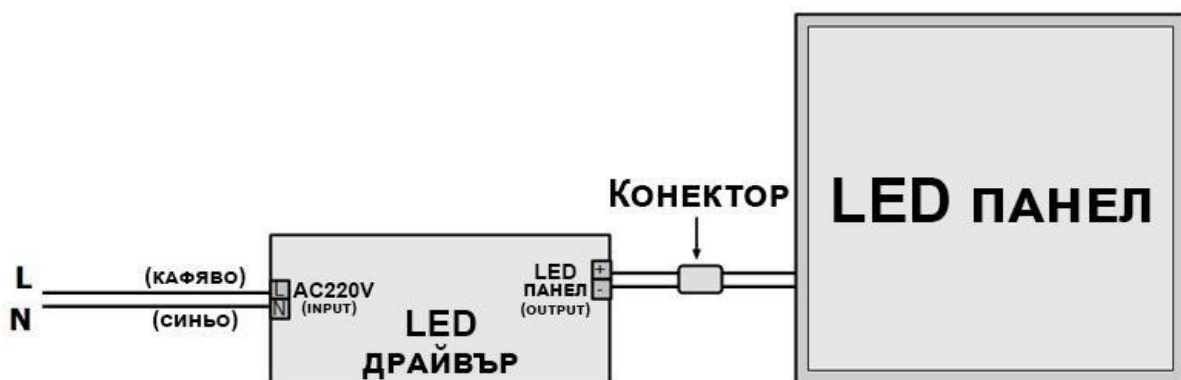
➤ **Цветен нюанс** - обхватът на нюансите варира от 2700 (топъл цвят) до 6500 (студена светлина).

➤ **Клас на сигурност** - от този клас се разбира къде е позволено да се инсталира LED.

**Параметри на рязане** - всяка диодна лента има специфичен етап на рязане. Тази техническа характеристика предполага, че всеки модел на устройството има своя собствена ширина на модула. Лентата може да се реже само на специално маркирано място.

- **Работно напрежение** - напрежението на LED лентата може да бъде 12, 24 или 220 волта. Най-често използваният светодиод е 12 волта.
- **Цвят на основата** - поради факта, че лентата има няколко цвята, тя може да бъде избрана така че, да съответства на цвета на основата, върху която ще бъде залепен.

### Схеми на свързване на LED ленти

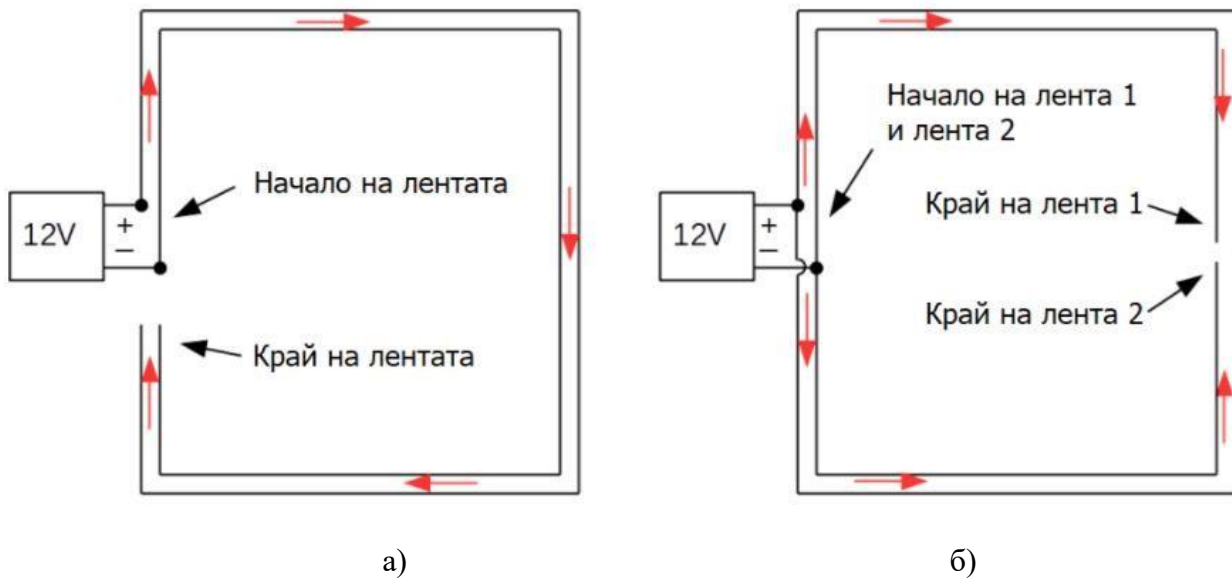


Фиг. 18. 2. Блокова схема <34>



Фиг. 18.3. Паралелно свързване на една лента до 5 метра <35>





а) **Фиг. 18.4. а - Схема на захранване от единия край на LED лентата**

б) **Фиг. 18.4 .б - Схема на захранване в средата на LED лентата** {36}

#### Основни предимства на LED лентите:

- Икономичен вид осветление;
- Монтират се без никакви затруднения;
- Поради специфичния дизайн не могат да прегреят;
- Могат да бъдат отрязани. Това прави възможно създаването на светлинни форми, невероятни в тяхната геометрия;

### Въпроси и задачи

**Задача 1.** Избройте основните параметри на LED лентите.

**Задача 2.** Класифицирайте LED лентите според броя диоди на метър.

**Задача 3.** Дефинирайте предимствата на LED лентите.

## 19. Лампи със сензор за движение.

Сензорът е устройство, което има способността да улавя различни външни сигнали и да ги трансформира в цифров електрически импулс. Тази външна информация може да бъде от всякакъв вид (физическа, химическа и др.). Често вместо електрически ключ за управление на осветлението се използва сензор за движение и осветеност. При появата на движещ се обект в контролираната зона сензора включва осветлението, а след изтичането на предварително зададен интервал от време осветлението се изключва. Сензора за движение и осветеност е приложим за вътрешно и външно осветление. Настройва се индивидуалното време на работа на уреда (лампата) след получаване на сигнала за включване. При повторно получаване на сигнал след изтичане на зададеното време, лампата се включва отново. С един сензор могат да се управляват няколко лампи, които се включват едновременно. Сензорът има регулатори, с които се настройват следните параметри:

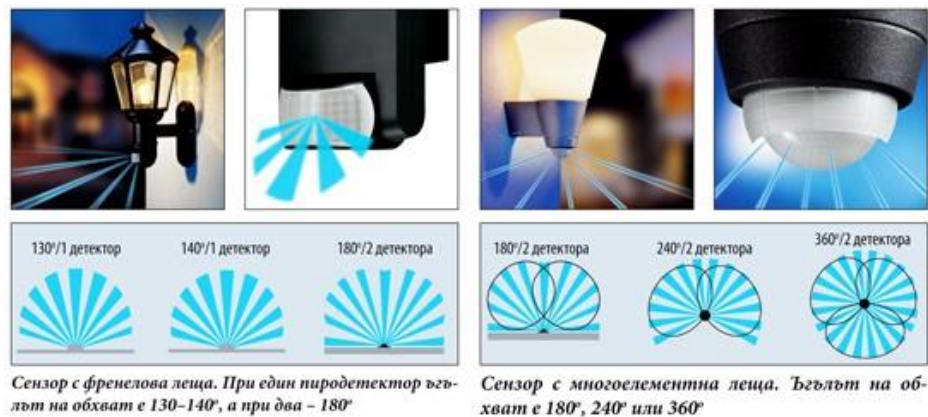
**Ниво на чувствителност** - електрическата верига не се включва, при преминаване на дребни домашни животни.

**Праг на осветеност** - сработване на осветлението при стойности от 5 до 1000lux . Колкото по-висока е чувствителността, толкова по-често сензорът ще светва. Често скоростта на реакцията се определя от модела на сензора. За да се определи необходимото ниво на чувствителност, са необходими няколко настройки на устройството.

**Интервал за изключване на светлината** - интервалът от време се регулира според честотата на посещенията в помещенията, където е инсталиран сензора. В зависимост от модела, можете да се променя стойността на този параметър в диапазона от 5s до 10min.

### Класификация в зависимост от инсталирания главен сензорен елемент

**Инфрачервени сензори** - представляват сензори за измерване на топлина. Те включват светлина, когато в радиуса на действие се появи обект с температура, която съответства на дадена стойност на устройството. Тази техника се характеризира с известни грешки в работата, тъй като светлината може да излиза и под въздействието на топлите въздушни потоци, идващи от климатици, батерии и други отоплителни уреди. Инфрачервените модели не излъчват вредни лъчения.



*Фиг. 19.1. Инфрачервен сензор (47)*

**Ултразвукови сензори** - функционират въз основа на анализа на отразения сигнал, изпратен от самите сензори. Ако има промяна в честотата на отразения сигнал, устройството улавя движещия се обект и светлината се включва. Основният недостатък на тези сензори е недостатъчната чувствителност, защото при много бавно и плавно изместване, те може да не сработят. Ултразвукът не може да се използва в стая, където се намират хора или животни, защото факторът на постоянно звуково въздействие върху ухото ще доведе до промени в поведението им и психични разстройства.



*Фиг. 19.2. Ултразвуков сензор (48)*

**Микровълнови сензори** - това са най-ефективните устройства, тъй като имат висока чувствителност и могат да включват светлината, дори ако обектът се движи извън радиуса на действие. Принципът на такава техника се основава на излъчването на електромагнитни вълни. Основното предимство на такива сензори е възможността за работа при всякакви метеорологични условия, както и на дълги разстояния.

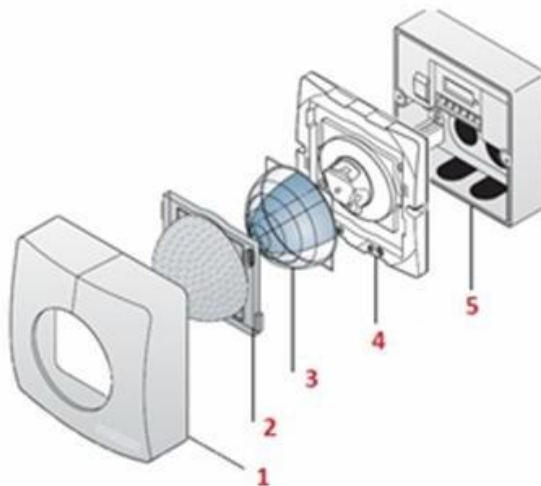


Фиг. 19.3. Микровълнов сензор (49)

#### Класификация според електрозахранването

- **Кабелни сензори** - изискващи свързване към електрическата мрежа.
- **Безжични** - захранвани от батерия.

#### Устройство на сензор за движение



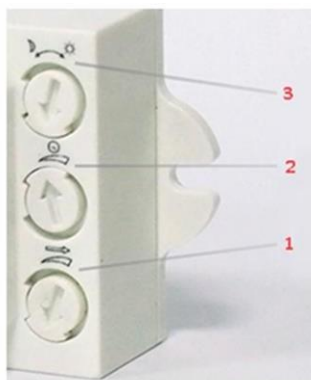
Фиг. 19.4. Устройство на сензор за движение (50)

1. Капак на корпуса;
2. Многоелементна система от лещи;
3. Бленда за ограничаване на обхвата;
4. Управляващ модул;
5. Захранващ модул;

**Настройка на устройството** - всяко устройство, с което можете да контролирате лампите, има допълнителни модули, които позволяват да се постигне нормална работа. На фиг.19.5 е показан модул за настройка на инфрачервен сензор, състоящ се от потенциометри за:

- Настройка на чувствителността на движението на обектите;
- Настройка на времето;
- Регулиране на яркостта на лампите на светлинното устройство;

Тези устройства могат да бъдат регулирани, така че да променят яркостта веднага след затваряне на веригата, да включат осветлението с известно закъснение.



*Фиг. 19.5. Модул за настройка на инфрачервен сензор (49)*

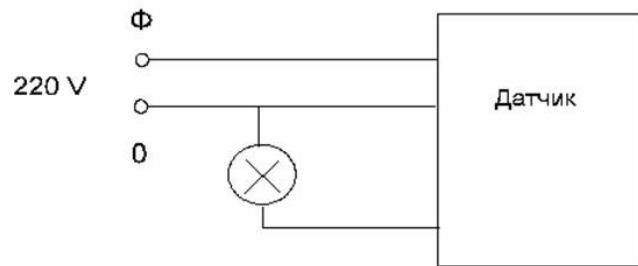
### Критерии за избор на сензори

**Номиналната мощност** - от този параметър зависи количеството и яркостта на светлинните устройства, които ще бъдат свързани чрез сензора за движение. Важна роля играе наличието на прецизна настройка на времето.

**Ъгъл на гледане** - изборът му зависи от мястото на инсталиране. Ако сензора е насочен към вратата- има евтини устройства с един сензор за движение с ъгъл на  $180^\circ$ . Но ако се планира да се монтира на тавана в центъра на една малка стая, по-добре е да се използва един сензор за движение с ъгъл от  $360^\circ$ .

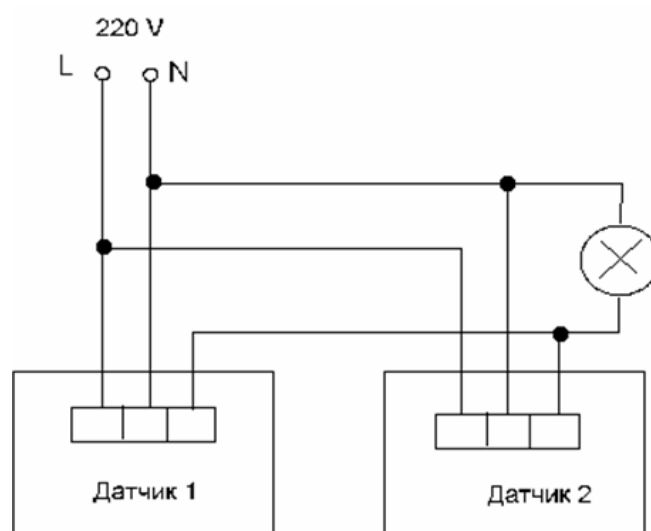
### ⚡ Електрически схеми за свързване на сензор

Схема на свързване на сензора показана на Фиг. 19.6 може да се използва, ако има нужда лампата да свети за определен период от време, независимо от осветеността и движението.



**Фиг. 19.6. Схема за свързване на сензор**

На Фиг.19.7 е показана схема на паралелно свързване на два сензора. Прилага се, ако устройството трябва да бъде включено от движение в няколко напълно независими зони.



**Фиг. 19.7. Паралелно свързване на два сензора**

Ако сензорът за движение, който включва светлината, е правилно инсталиран и настройките са направени в съответствие с работните условия, може да се очакват:

- Икономии на енергия, тъй като осветлението се активира само, когато човек е в радиуса на действие. През останалото време светлината е изключена.
- Комфорт при работа с лампата, поради липсата на необходимост от търсене на превключвател.
- Възможност за едновременно свързване на няколко устройства, като звукова сирена и видеонаблюдение.

## Въпроси и задачи

**Задача 1.** Дефинирайте параметъра номиналната мощност на сензора.

**Задача 2.** Опишете устройство на сензор за движение.

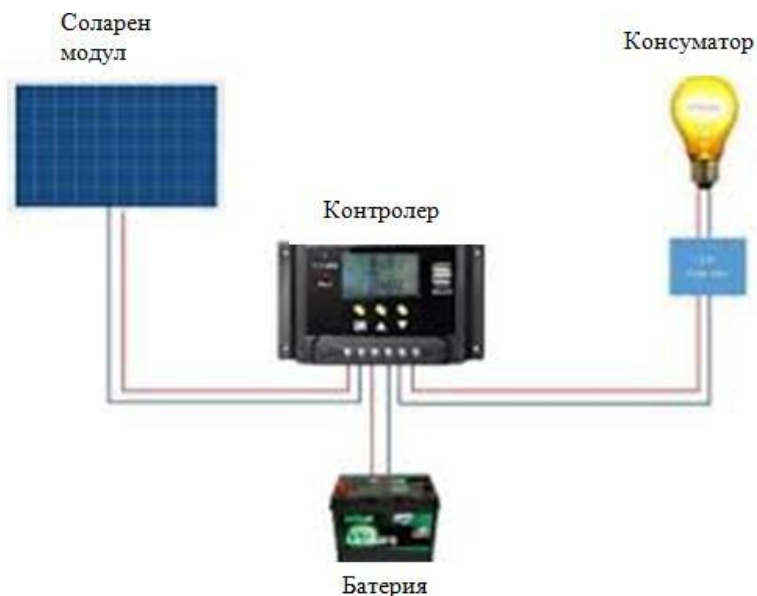
**Задача 3.** Избройте видовете сензори в зависимост от инсталирания главен сензорен елемент.

## 20. Соларни системи за осветление

Устойчивото енергийно развитие свързано с намаляване на емисиите на парникови газове, е поставено като основна цел на енергийната политика на Европейския съюз. Използването на възобновяеми енергийни източници се разглежда като един от основните фактори за преминаване към нисковъглеродни икономики. Основният дял в световен мащаб, по отношение на годишното производство от соларни системи технологии от 1990 г. насам се пада на централи, използващи моно кристални или поликристални модули. В последно време се наблюдава тенденция към внедряване на нови технологии, което се изразява в използването на тънкослойни соларни модули. Производството на соларните модули започва през 1954 г. Поради непрекъснатото развитие и подобряване на технологията на производство на соларните модули тяхната ефективност постоянно расте. Това от своя страна води до сериозен ръст в изграждането на фотоволтаични централи в световен мащаб. Следователно замаяната на конвенционалните осветителни системи, с такива използващи „природна“ енергия може съществено да допринесе за постигането на заложените цели в новата европейска енергийна стратегия.

### Устройство на соларна осветителна система

Соларната осветителна система представлява „островна“ фотоволтаична система. Това означава, че тя няма връзка с външната електрическа мрежа.



Фиг. 20.1. Структурната схема на соларна осветителна система <51>



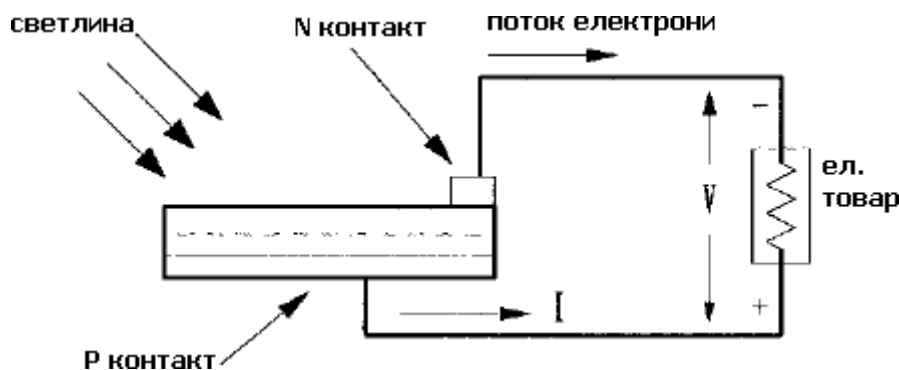
## Контролер на заряда

Чрез контролера на заряда се осъществява цялостно управление на работещата система. Основна цел е да се регулират процесите на заряд и разряд на батерията. По този начин се гарантира по-дълъг експлоатационен живот на батерията. Той гарантира, че при всякакви обстоятелства, включително екстремни метеорологични условия с голяма температурна разлика, батерията няма да се презарежда или да се разрежда под допустимите нива, което може да доведе до повреда на самата батерия. Този контролер също може да осигурява температурна компенсация, защита на осветлението, защита от обратна полярност и превключватели за променлив ток, които гарантират, че чувствителните резервни товари работят нормално, когато възникне прекъсване.

Възможно е към управлението на системата да се добави и контролер за време, чрез който да се задава времето на включване и изключване на осветлението. Това води до повишаване на ефективното използване на соларните системи за осветление.

## Соларен модул

Принципът на работа на модула се основава на фотоволтаичния ефект. В същността си той представлява електрическият потенциал, който възниква между два разнородни материала, когато тяхната обща точка на съединение се освети от сноп фотони. Физиката на соларната клетка е много близка до класически диод с p-n преход, показана на Фиг. 20.2. Когато се абсорбира светлина в зоната на прехода, енергията на погълнатите фотони се предава на електроните в материала, създавайки появата на заредени частици, които са разделени от зоната на прехода. Заредените частици в преходната зона пораждат потенциална разлика, ускоряват се под влиянието на електрическото поле и преминават т. нар. „бариера“, като по този начин протича електрически ток. Останалата част от енергията на фотона повишава температурата на клетката.



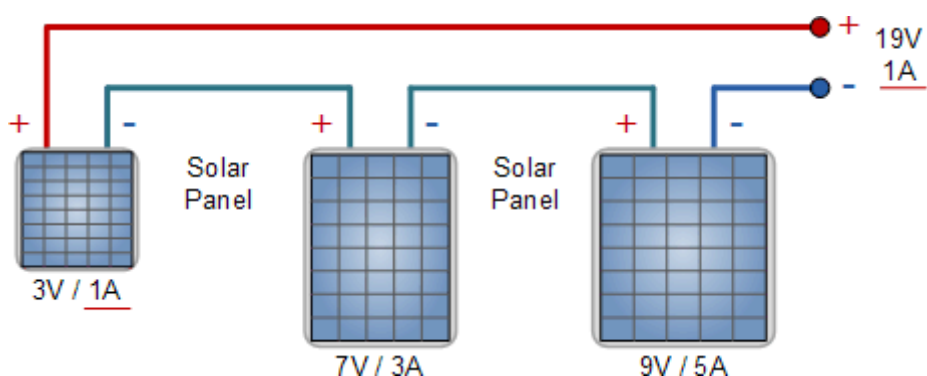
Фиг. 20.2. Соларна клетка

Като цяло ефективността на преобразуването на фотоволтаична енергия е ограничена по физически причини. Около 24% от слънчевата радиация с голяма дължина на вълната не се абсорбира, 33% е загуба на топлина за околната среда, а допълнителните загуби са около 15 - 20%. По този начин само 23% се абсорбират.

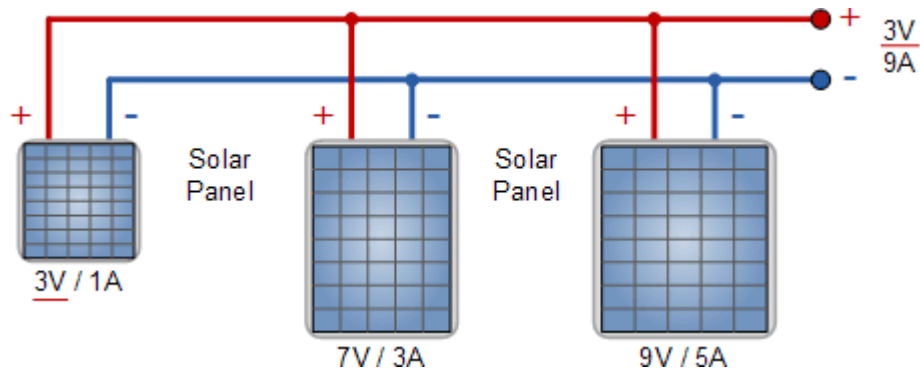
## Батерия

Батерията се използва за запасяване на излишъка от произведената електрическа енергия, когато има по-голямо производство спрямо сумарната моментна консумация от всички потребители. Тази запасена енергия се използва за захранване на потребителите, когато няма достатъчно производство (през мрачни дни или вечер). Обикновено батерията е разположена в метален или пластмасов корпус. Вътре в корпуса има електроди, включително катода и анода, където се появяват химични реакции. Съществува и сепаратор между катода и анода, който спира електродите да реагират едновременно, като позволява на електрическия заряд да тече свободно между двете зони. Колекторът провежда заряд от батерията навън. Батериите в слънчевите лампи обикновено използват електролитна технология с висока производителност при дълбоко разреждане, за да могат да се използват в екстремни температурни диапазони. Но също така могат да се използват и оловно-киселинни, никело-кадмиеви или литиеви батерии. Поради ниските нива на абсорбиране на слънчевата светлина батерията е важна част от соларното осветление.

## Схеми на свързване на соларни модули



Фиг. 20.3. Последователно свързване на соларен елемент (37)



Фиг. 20.4. Паралелно свързване на соларен елемент (37)

### Предимства и недостатъци на соларните системи за осветление

#### Основни предимства:

- Лесна поддръжка - освен няколко прегледа и почистване през годината, няма какво друго да се направи, за да се осигури дълготрайност на соларното осветление.
- Намаляване на разходите за консумирана електрическа енергия.
- Могат да се използват в райони, където няма изградена електрическа мрежа.
- Слънчевата енергия е екологична. Използването на соларни системи играе основна роля за намаляване на въглеродния отпечатък, създаден чрез производство на енергия от не възобновяеми енергийни източници. Само чрез бавно придобиване на слънчева и други видове възобновяема енергия ще бъде възможно да се намалят проблемите, причинени от изчерпването на ресурсите на нашата планета.
- Слънчевата енергия е неизчерпаема.

**Основен недостатък:** Единственият недостатък на соларните системи за осветление е, че те все още са доста скъпи.

#### Приложения

Соларните лампи са предпочитано екологично решение. Изработват се слънчеви прожектори, слънчеви фенери, слънчеви лампи и декоративни слънчеви светлини за осветяване на открити площи. На Фиг. 25.5 е показана снимка от приложение на соларните системи за осветление.



*Фиг. 20.5. Приложение на соларните лампи <52>*

### **Въпроси и задачи**

**Задача 1.** За какво се използва батерията в соларната осветителна система?

**Задача 2.** Избройте основните предимства на соларните осветителни системи.

## Тест № 2

проверка на усвоени знания

## Раздел „Електрически източници на светлина“

Всеки верен отговор на въпроси № 1, № 2, № 4, № 5, № 9 се оценява с една точка.

Всеки верен отговор на въпроси № 3, № 6, № 13 се оценява с две точки.

Всеки верен отговор на въпроси № 7, № 8, № 10, № 11, № 12, се оценява с четири точки.

Непълнен отговор се оценява с намален брой точки.

При грешен отговор не се присъждат точки

**1. Видовете източници на светлина са:**

- а) изкуствени и естествени
- б) право-токови и променливо-токови

**2. Луминесценция означава:**

- а) способност на веществата да излъчват светлина
- б) способност на веществата да излъчват светлина под въздействието на бързи електрони
- в) Излъчване на светлина под въздействието на слънцето

**3. Избройте видовете лампи с нажежаема жичка според формата на колбата.**

.....

.....

.....

.....

**4. Загряването на биметалният електрод при запалване на луминесцентната лампа се осъществява от:**

- а) кратковременен импулс
- б) луминесцентната тръба
- в) тлеещ разряд в стартера

**5. Къде се прилага осветление с халогенни лампи?**

.....

.....

**6. Опишете принципното устройство на лампата**



.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**7. Начертайте схема на включване на луминесцентна лампа**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**8. Опишете процеса на запалване на луминесцентна лампа**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**9. Цветният спектър на светодиодите зависи от**

а) р-п прехода.

б) луминесцентната тръба

в) тлеещ разряд в стартера

**10. Опишете LED технологията за получаване на бяла светлина, чрез смесване на цветове**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**11. Избройте основните параметри на LED лентите**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**12. Начертайте електрическа схема за свързване на сензор за движение**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**13. Избройте предимствата и недостатъците на соларните системи за осветление**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**КРИТЕРИИ ЗА ОЦЕНЯВАНЕ:**

- от 0 до 15 т. - Имате дефицит на знание. Проявете усърдие и прочетете отново материала.
- от 13 до 19 т. - Вашите знания са незадоволителни. Прочетете отново материала.
- от 20 до 23 т. - Справяте се добре. Попълнете пропуснатите знания.
- от 24 до 28 т. - Справяте се много добре.
- от 29 до 31 т. - Справяте се отлично.



## Раздел 3. Осветителни тела

### 21. Елементи на осветителното тяло. Класификация.

Електрическите източници на светлина не се употребяват самостоятелно, а в комбинация с осветително тяло, което съдържа светлотехническа, електрическа и механична арматура.

**Осветителното тяло** е устройство, което разпределя, филтрира или преобразува светлината, предавана от една или повече лампи и включва всички части, необходими за закрепването, защитата и начините за свързването им към електрическото захранване.

**Осветителят** е основно съоръжение в осветителните уредби. Състои се от светлинен източник и осветително тяло.

**Светлотехническата арматура** обхваща:

- Отражатели, разсейватели, пречупватели за насочване на светлинния поток;
- Цветни стъкла и филтри;
- Предпазни стъкла;

**Електрическата арматура** включва:

Дросели, кондензатори, трансформатори, стартери, фасунги, съединителни клеми, контакти и проводници.

**Механичната арматура** служи за защита на лампата от механично въздействие и за закрепване на осветителното тяло. Тя предпазва лампите физически и ги свързва към източника на захранване.

#### Елементи на осветителното тяло

Осветителното тяло се състои от следните елементи:

**1. Оптично устройство** - чрез него се осъществява желаното преразпределение на светлинния поток в пространството и намаляване на яркостта на лампата с оглед ограничаване на заслепящото действие. Оптичното устройство се състои от: **отражател (рефлектор)** - тази част от арматурата, дава основното разпределение на светлинния поток. Изработва се от топлоустойчиви материали (обработен алуминий или от боядисана стоманена ламарина). На Фиг. 21.1 са показани различни видове рефлектори.



**Фиг. 21. 1. Видове рефлектори** (53)

➤ **Разсейвател (глобус)** - тази част от арматурата, пропуска светлинния поток с яркост поносима за човешкото око. Оказва влияние и върху преразпределение на светлинния поток.

➤ Комбинация от отражател и разсейвател.

**2. Филтриращо устройство** - служи за изменение на спектралния състав на светлината.

**3. Електротехническо устройство** - служи за свързване на лампата с електрическата инсталация, а в редица случаи осигурява необходимите условия за запалване и стабилизиране на режима на работа на лампата.

**4. Механична конструкция** - обединява и свързва в едно цяло лампата със съставните части на осветителното тяло.

### **Класификация според светлотехническите показатели**

Разпределението на светлинния поток в пространството, количествено се характеризира с отношението на светлинния поток излъчван в долната полусфера  $\Phi_{д.п.}$  към целия светлинен поток на осветителя  $\Phi$ . В зависимост от стойността на това отношение имаме:

- **Осветителни тела с директна светлина** -  $\Phi_{д.п.}/\Phi > 0,8$

Директното осветление осигурява светлина върху обект, част от него или определена област. С директната светлина се подобрява видимостта и фокусира светлината там където е необходима. Директното осветление създава остър контраст между светлина и сянка.



**Фиг. 21.2. Осветителни тела с директна светлина** (54)

**- Осветителни тела с разсеяна светлина -  $0.4 < \Phi_{д.п.} / \Phi < 0,6$**

Разпределението на светлинния поток в пространството се постига, чрез различно конструктивно изпълнение на разсейвателите. Тези осветителни тела се различават с голямо конструктивно разнообразие на формите, което е продиктувано от предназначението им за битово ползване.

**- Осветителни тела с отразена светлина -  $\Phi_{д.п.} / \Phi < 0,2$**

Приложението на тези осветителните тела е твърде ограничено поради изискването на специални ниши за монтаж.

**Класификация според вида на оптичната система**

- Осветители с огледални отражатели;
- Осветители с матирани отражатели;
- Осветители с призматични пречупватели;
- Осветители с матирани разсейватели;



Осветител с огледален отражател



Осветител с матиран отражател



Осветител с матиран разсейвател

**Фиг. 21. 3. Видове осветители според вида на оптичната система** (55)

**Класификация на осветителните тела по клас на защита****Таблица 21.1. Класификация на осветителните тела по клас на защита**

<b>Клас на защитата</b>	<b>Вид на защитата</b>
<b>0</b>	Осветително тяло с работна изолация без клема за присъединяване на зануляващия проводник
<b>0I</b>	Осветително тяло с работна изолация и клема за присъединяване на зануляващия проводник
<b>I</b>	Осветително тяло с работна изолация и клема за присъединяване на зануляващия проводник и вилка със защитен контакт, когато осветителното тяло се включва чрез гъвкава връзка
<b>II</b>	Осветително тяло, което има навсякъде двойна или усилена изолация и няма клема за присъединяване на зануляващия проводник
<b>III</b>	Осветителното тяло е предназначено за присъединяване към мрежа с безопасно напрежение

**Класификация според степента на защита IP**

Степента на защита IP е международна класификация на степента на защита на различни битови, търговски и промишлени електрически устройства, включително осветителни тела, в съответствие със стандарта IEC 60529. Абревиатурата IP означава Ingress Protection - защита срещу проникване, както в много случаи се интерпретира, или International Protection - международна класификация на степените на защита. Стандартът IP определя степента на това, колко е защитено едно осветително тяло от прониквания на външни обекти. Тези външни обекти са прах, вода, влага и др. Когато се каже, че един продукт е влагоустойчив, да се знае, точно колко влагоустойчив е той. По този начин се постига яснота, на какви условия може да се подложи едно осветително тяло и на какви не. Състои се от две цифри, които са показани на етикета на осветително тяло. Първата цифра ни казва колко е устойчиво на чужди твърди частици, както и на електрически проводници. Втората цифра показва колко е устойчиво на влага и течности. Ако след IP надпис има XX, това означава, че самото осветително тяло не е минало никакви тестове или че тестовете са неприложими за него.

**Първа цифра** - устойчивост към чужди твърди частици и електрически проводници

<b>0</b>	Няма защита
<b>1</b>	Осветителят е защитен срещу проникване на твърди обекти над 50 mm (напр. при случайно пипане с ръка)
<b>2</b>	Защитен срещу проникване на твърди обекти над 12 mm (напр. пръсти)
<b>3</b>	Защитен срещу проникване на твърди обекти над 2,5 mm (напр. инструменти и кабели)
<b>4</b>	Защитен срещу проникване на твърди обекти над 1 mm (напр. инструменти, дебели и тънки кабели)
<b>5</b>	Защитен срещу проникване на прах - с ограничено проникване (без вредни наслагвания)
<b>6</b>	Напълно защитен срещу прах

**Втора цифра** - защита от навлизане на влага и вода в корпуса

<b>0</b>	Няма защита.
<b>1</b>	Защитен срещу вертикално падащи капки вода.
<b>2</b>	Защитен срещу директно напръскване с вода с отклонение до 15° спрямо вертикалната ос
<b>3</b>	Защитен срещу директно напръскване с вода с отклонение до 60° спрямо вертикалната ос
<b>4</b>	Защитен срещу напръскване от всички посоки - допуска се ограничено проникване.
<b>5</b>	Защитен срещу водни струи под налягане от всички посоки - допуска се ограничено проникване.
<b>6</b>	Защитен срещу силни струи вода - например за използване на корабни палуби. Допуска се ограничено проникване.
<b>7</b>	Защитен срещу ефекта от временно потапяне във вода на дълбочина от 15 cm до 1 m. Продължителност на теста 30 минути.
<b>8</b>	Защитен срещу потапяне във вода под налягане за дълги периоди от време.

Например LED осветител с клас IP68 означава: 6 (напълно защитен срещу прах), 8 (защитен срещу потапяне във вода под налягане за дълги периоди от време) = осветителят е напълно водонепроницаем.

**Класификация според вида на монтажа**

- Висящи (полилеи) - висящо осветително тяло с група от лампи;

- Таванни (плафонери) - осветително тяло, прикрепено директно към тавана;
- Стенни (аплик) - осветително тяло, прикрепено директно към стената;
- Настолни - осветително тяло, предназначено за поставяне върху плот;
- Стоящи - осветително тяло, което стъпва на пода;
- Конзолни - осветително тяло, прикачено с ‘щипка’ или конзола към плот или рафт;
- Спот - битово осветително тяло с форма на прожектор;

### **Въпроси и задачи**

**Задача 1.** Класифицирайте осветителните тела по вида на монтажа.

**Задача 2.** Разчетете защитата IP-56.

**Задача 3.** Избройте елементите на осветително тяло.

## 22. Условни означения и параметри на осветителните тела

### Параметри на осветителните тела

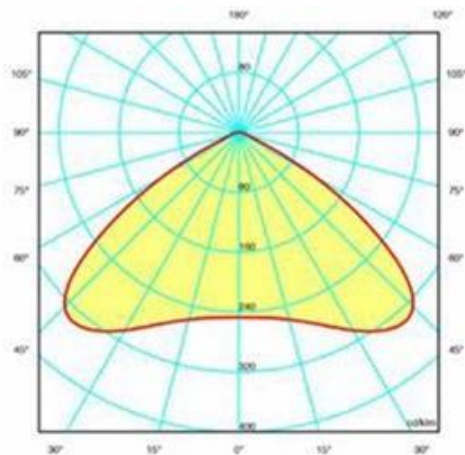
Основни параметри, които характеризират осветителните тела са:

**Коефициент на полезно действие** - характеризира отношението на светлинния поток на осветителя  $\Phi$ , към този на източника на светлина  $\Phi_l$ . Определя се за източник с условен светлинен поток от 1000Lm .

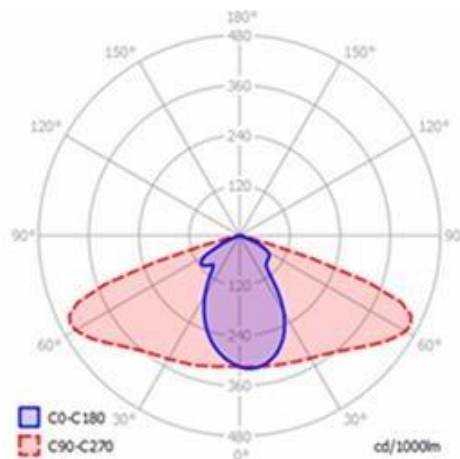
$$\eta = \frac{\Phi}{\Phi_l} = \frac{\Phi}{1000}$$

**Светлоразпределителна крива (СРК)** - показва големината на интензивността на светене в зависимост от посоката.

На Фиг. 22.1а) е показано светлоразпределение на симетрично излъчващо осветително тяло, а на Фиг. 22.1б) на асиметрично излъчващо тяло с две вертикални равнини на симетрия.



Фиг. 22.1. – а (б)



Фиг. 22.1. – б (б)

Количествено разпределението на светлинния поток в пространството се характеризира чрез отношението на светлинния поток, излъчен в долната полусфера  $\Phi_{\ominus}$  и целия светлинен поток на осветителя  $\Phi_0$ . В зависимост от стойността на отношението  $\Phi_{\ominus} / \Phi_0$  осветителните тела се подразделят на пет групи, дадени в Таблица 22.1.

Таблица. 22.1. Осветителни тела според отношението  $\Phi_e/\Phi_0$ 

Наименование на типа на СРК	Зона на $I_{max}$ , градуси	Стойност на коефициента на формата $k_f$ на СРК
Концентрирана (К)	0 - 15	$k_f > 3$
Дълбока (Д)	0 - 30, 180 - 150	$2 \leq k_f < 3$
Косинусна(Кос)	0 - 35, 180 - 145	$1,3 \leq k_f < 2$
Полуширока (П)	35 - 55, 145 - 125	$k_f \geq 1,3$
Широка (Ш)	55 - 85, 125 - 95	$k_f \geq 1,3$
Равномерна (Р)	0 - 90, 180 - 90	$k_f \leq 1,3$ , при това $I_{min} > 0,7 \cdot I_{cp}$
Синусна (С)	70 - 90, 110 - 90	$k_f \geq 1,4$ , при това $I_0 < 0,7 \cdot I_{cp}$

Защитен ъгъл (Фиг. 22.2.а) - Определя се с израза:

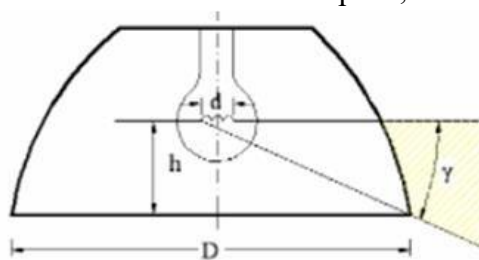
$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{2h}{D+d}$$

Където:

**h** - височината на нажежаемата спирала над отвора на арматурата;

**D** - диаметър на отвора на арматурата;

**d** - диаметър на окръжността на нажежаемата спирала;



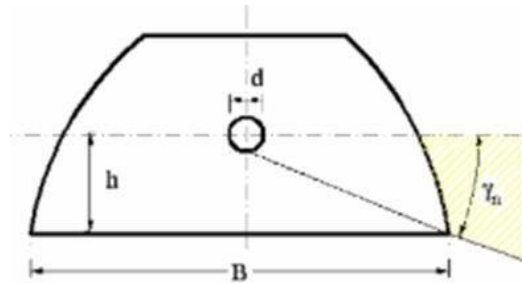
Фиг. 22.2. а Защитен ъгъл на осветително тяло с лампа с нажежаема жичка (6)

Защитеният ъгъл на лампа с нажежаема жичка трябва да бъде равен или по-голям от  $27^\circ$ . Ограничаването на заслепителното действие на даден ограничител, се постига чрез съответстваща височина на окачване, чиито най-малки стойности обикновено се



предписват. Минималните височини на окачване зависят от защитния ъгъл, типа на осветителното тяло и използвания източник на светлина.

Защитен ъгъл на осветително тяло за луминесцентни лампи е показан на Фиг. 22.2.б)



Фиг. 22.2. б *Защитен ъгъл на осветително тяло за луминесцентни лампи*  
(6)

Защитният ъгъл се изчислява по формулата:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{2h - d}{B}$$

Където:

**h**- височина на окачване над отвора на арматурата;

**B**- диаметър на отвора на арматурата;

**d**- диаметър на луминесцентната тръба;

Млечното стъкло и други подобни материали, пропускащи дифузно светлината, намаляват значително яркостта на лампата и създават защитен ъгъл, който се нарича условен. За увеличаване на защитния ъгъл на луминесцентните осветителни тела се практикува поставянето на специални решетки под луминесцентните тръби.

**Коефициент на усилване (К<sub>у</sub>)** - чрез коефициента на усилване се означава отношението на максималния интензитет на светлината на осветителното тяло към максималния интензитет на светлината на вложената в него лампа.

$$K_y = \frac{I_{\max}}{I_{L \max}}$$

**Коефициент на формата (К<sub>ф</sub>)** - определя се като отношение на максималния интензитет на светлината I<sub>max</sub> към средния интензитет I<sub>ср</sub>.

$$K_{\phi} = \frac{I_{\max}}{I_{cp}}$$

### Условни графични означения на осветителните тела

В показаната Таблица 22.2 са дадени най-употребяваните условни означения на видове осветителни тела намиращи приложение в електрически уредби.

Таблица 22.2. Условни означения

Осветително тяло	Означение	Приложение
Аплик		Многофункционални универсални за употреба: за външно осветление, за антрето, в банята, като нощна лампа или като акцентираща светлина.
Стенен аплик		За външните и вътрешните стени на сградите
Плафониера		Имат висока степен на херметичност, което дава възможност за монтаж във вътрешността и извън осветяваните сгради.
Осветително тяло тип луна		Подходящо за осветяване на вътрешни помещения.
Луминесцентно осветителното тяло		Особено подходящо за осветление на големи помещения, както в домашни условия така и в обществени сгради.
Противовлажно осветителното тяло		Влажни помещения - бани, тоалетни, мазета, складове или халета.
Луминесцентно осветителното тяло с матов разсейвател		Подходящ за осветяване на алеи, градини, паркове или дворове.

<p><b>Осветително тяло тип прожектор с метал халогенна лампа</b></p>		<p>Използват се за производство на фарове за автомобилния транспорт и за осветление на промишлени предприятия.</p>
<p><b>Противовлажен декоративен фенер</b></p>		<p>За парапети и градинско осветление</p>

### Въпроси и задачи

**Задача 1.** Дефинирайте понятието коефициент на формата.

**Задача 2.** Означете с графичен знак осветително тяло тип луна.

**Задача 3.** Избройте основните параметри, които характеризират осветителните тела.

## 23. Осветителни тела за жилищни и административни сгради

За да се балансира осветлението в жилището е необходимо да се познава ефектът от различните видове осветителни тела. Те се класифицират, като осветителни тела за общо, локално и комбинирано осветление.

### Осветителни тела за общо (главно) осветление

**Осветителни тела за общо (главно) осветление** - осветлението от един единствен осветител, който осветява както цялото помещение, така и отделното работно място (Фиг. 23.1). Най-често използваните осветителни тела за общо осветление са:

- Пендели, полилеи, плафони и аплици;
- Вградено спот-осветление (лунички);
- Осветителни тела с изменяема посока на осветяване (насочено осветление);
- Светлинни пана;

Най-подходящи за общо осветление са полилеите разположени в средата на тавана с множество лампи. Централното разположение на тялото осигурява ефективно разсейване на светлината на най-голяма площ. Тези осветителни тела задават основното цялостно осветяване на пространството на помещението и са съществен детайл от интериора. При по-малките помещения главното осветление може да се реализира чрез осветително тяло тип пендел. Съчетание от няколко висящи от тавана лампи тип пендел с обща основа, често се използва за масата за хранене в трапезарията. Общото (основното) осветление на преходните и сервизните помещения, като коридори, стълбища, фойета, бани, тоалетни и тераси може да се осигури и от таванно осветително тяло, от тип (плафон) прилепено към тавана или стената.



Фиг. 23.1. Осветителни тела за общо (главно) осветление (55)

### **Осветителни тела за локалното (работно) осветление**

**Осветителни тела за локалното (работно) осветление** осигуряват светлина за отделното работно място, поради което е по-икономично и по-добро за зрението (Фиг. 23.2).

Осветителното тяло, което осветява работната зона, трябва да е с насочен светлинен поток. Там осветеността трябва да е значително по-голяма от общия светлинен фон на помещението. Също така е важно главата на осветителното тяло да е конструирана така, че да насочва светлинния поток към определена зона, а не да осветява очите. Подходящите осветителни тела са настолни лампи с полупрозрачен абажур, насочващ светлината надолу, работните лампи за бюро с непрозрачна глава и променлив наклон на стойката, лампиони с регулируемо (чупещо) рамо, за да имаме възможност да променяме ъгъла на светлинния поток. Под лампион разбираме преместваемо осветително тяло свободно стоящо на пода.

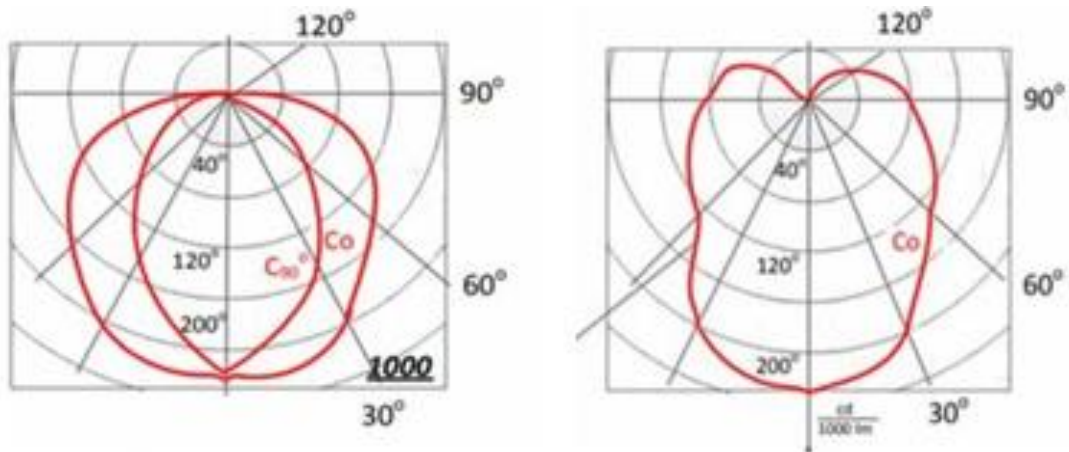


*Фиг. 23.2. Осветителни тела за локалното (работно) осветление (55)*

**Осветителни тела за комбинирано осветление** - представлява съвместно използване на първите два вида тела, което се прилага при по-големи помещения.

**Светлотехнически характеристики на осветителните тела предназначени за жилищни и административни сгради:**

**Светло разпределителна крива** - На Фиг. 23.3 са показани светло разпределителните криви на широко разпространените осветителни тела на луминесцентен (Фиг. 23.3 а) и сферичен (Фиг. 23.3 б) осветител.



а) луминесцентен осветител

б) кръгово симетрично излъчващ осветител

**Фиг. 23.3. Светло разпределителните криви на широко разпространените осветителни тела (б)**

**Цветна температура** - тя се измерва в градуси по Келвин (К) и от нея можем да определим дали се излъчва топла, неутрална или студена светлина. Варира от 3000 до 6500К. Осветителите с по-ниска стойност на цветната температура излъчват по-жълтеникава, топла и уютна светлина, а тези с по - висока излъчват леко синкава енергизираща светлина. Стандартно осветителните тела с 4000 К цветна температура излъчват неутрална бяла светлина.

**Индексът на цвето предаване CRI** - количествена мярка за способността на даден източник на светлина да разкрие верните цветове на различните предмети в сравнение с осветяването им с идеален или естествен източник на светлина. За вътрешно осветление стандарта е  $CRI > 80$ , а за улично осветление  $CRI > 70$ .

**IP** - степента на защита на осветително тяло представлява защитата, която корпусът му осигурява срещу проникването в него на чужда материя, като прах, мръсотия и вода. Бележи се с буквите IP и се посочва от производителите като IP код.

**Светлинен добив** - съотношението между консумираната електрическа енергия и излъчвания светлинен поток. Измерва се в лумени на ват ( $lm/W$ ). Постигането на висок светлинен поток зависи пряко от мощността във ватове (W) и светлинния добив в лумени на ват ( $lm/W$ ). Осветително тяло с мощност 40W и светлинния добив  $80lm/W$  ще даде  $3200lm$ . От друга страна тяло с по-висок светлинен добив, например  $100lm/W$  и мощност от 36W ще излъчва светлинен поток от  $3600lm$ . Получаваме повече светлина, при по-нисък разход на

енергия.

### Въпроси и задачи

**Задача 1.** Опишете преназначението на осветителните тела за жилищни и административни сгради.

**Задача 2.** Избройте светлотехническите характеристики на осветителните тела предназначени за жилищни и административни сгради.

**Задача 3.** Дефинирайте понятието степен на защита на осветително тяло.

## 24. Промислени осветителни тела

Промислените осветителни тела са специфична група в осветлението, които се отличават съществено поради тяхното предназначение и характерните особености на средата, в която работят. В съвременното производство, където ергономичните и безопасни условия на труд са приоритет, основно внимание се обръща на правилно проектираното и подбрано промишлено осветление. От него зависят пряко, както високата производителности качество на произвежданата продукция, така и безопасността на работниците. Основната концепция за осветление на големи промишлени предприятия се състои главно от хоризонтално разположено осветление, на тавана на помещението. По този начин се изпълняват минималните изисквания за осветление на такива помещения, а в същото време и броят на осветителните тела остава възможно най-малък. Индустриалното осветление означава по-добра работна среда, която пряко влияе върху качеството и производителността на труда. Добрите промишлени тела са много по-енергийно ефективни и намаляват в пъти разходите за електрическа енергия. Промислените тела се избират по следните характеристики:

**Сила на светлинния поток**- трябва да съответства на установените европейски норми за осветеност на конкретното производство. Същевременно, тези модели работят при по-тежки условия - високи и ниски температури, повишена влажност, прах, вибрации, агресивни и взривоопасна среди, което обуславя и високата ѝ степен на защита, често IP 65 или IP 66.

**Енергоефективност на индустриалното осветление** - получаване на по-голям светлинен поток при по-малка консумация на електроенергия. Често тези осветления работят по 16-24 часа в денонощие и консумацията на енергия влияе пряко върху себестойността на продукцията и общите енергийни разходи. Ето защо, инвестицията във високоефективни промишлени осветителни тела е от съществено значение.

### Видове промишлени тела

**Тръбни люминесцентни тела** - на фиг. 24.1 е показана конструкцията и външния вид на тръбно люминесцентно тяло. Те са подходящи за помещения с височина до 5 м. В зависимост от диаметъра на тръбата приложение намират лампи T5 с диаметър 16 мм и T8 с диаметър 26 мм. Имат добър индекс на цвето предаване Ra, по-голям от 80 и висок светлинен добив - до 100lm/W. Средният им живот е 24 000 часа. Работят само с електронно пускова регулираща апаратура (ЕПРА). Разделят се на два вида:

➤ **С висока ефективност** - включва гама от мощности до 35 W, а максималният светлинен поток до 3500 lm. Подходящи за по-ниски помещения или по-ниско разположени



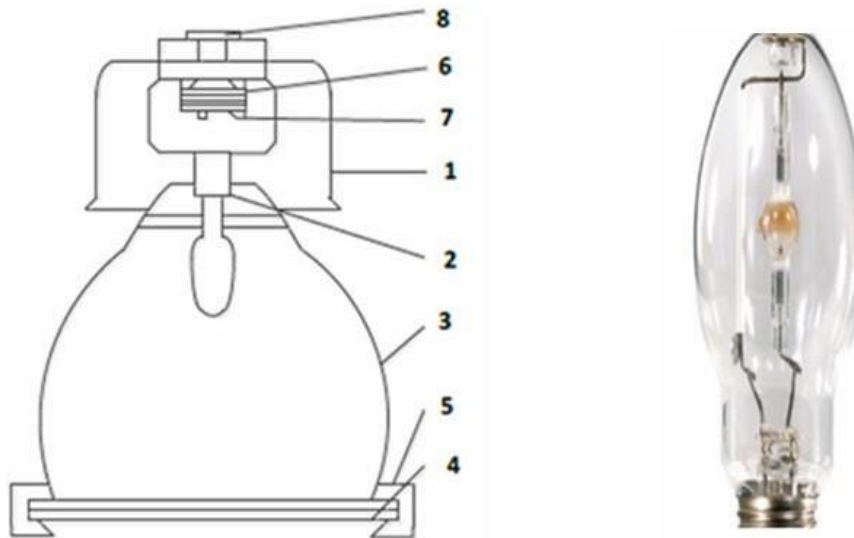
осветителни тела.

➤ **С висок светлинен поток** - при изискване за по-висок монтаж на осветителните тела е добре да се използват лампи, които са с мощност до 80 W и светлинен поток до 7000lm, при същите размери като лампите с висока ефективност. Луминесцентните лампи T5 достигат максималния си светлинен поток при околна температура 35°C. За приложение в студена и гореща работна среда са разработени амалгамни луминесцентни лампи, които достигат максималния си светлинен поток в температурния диапазон от 5°C до 70°C.



*Фиг. 24.1. Тръбни луминесцентни тела (56)*

**Метал-халогенно тяло** - при помещения с височина над 5 метра обикновено се използват осветителни тела тип камбана с метал-халогенни лампи - с кварцова или с керамична горелка. Предлагат се с мощност до 400W и светлинен поток до 40 000lm. Характеризират се с добър индекс на цвето предаване Ra, по-голям от 60 и висок светлинен добив - до 90lm/W. Средният им живот е 12 000 часа. Недостатъците им са промяната на цветността през живота на лампата и значителното намаляване на светлинния поток до 60 % от номиналния. По-съвременният тип метал халогенни лампи - с керамична горелка- предлагат по-добри експлоатационни характеристики, т.е. по-добра стабилност на светлинния поток и на цветността на лампата през живота ѝ. Сред предимствата им са добрият индекс на цвето предаване Ra, по-голям от 90 и по-високият светлинен добив - до 100lm/W. Предлагат се с мощност до 250W и светлинен поток до 24 500lm.

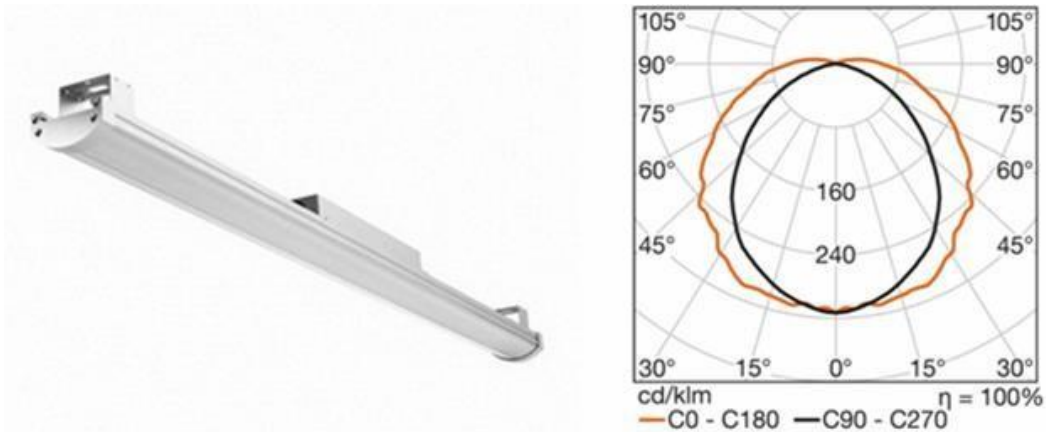


Фиг. 24.2. Устройство на метал- халогенно тяло (4)

**Компоненти на метал-халогенно тяло:**

1. Корпус;
2. Фасунга;
3. Рефлектор (отражател);
4. Предпазно стъкло или разсейвател;
5. Силиконово уплътнение (гума);
6. Дросел за газоразрядна лампа;
7. Занулителна клемма;
8. Болт и гайка за окачване;

**Линейни LED осветителни тела** - основните елементи, от които е изградено LED осветително тяло са: корпус, радиатор, светодиоди, платка PCB, леци, защитно стъкло и захранване. Целта на корпуса е да защити електронните елементи от вода, влага и механични повреди. Електрониката за захранване е предназначена да ограничи тока на запалване. Контролирането на тока има решаващо значение за яркостта и полезния живот на LED. Оптичните компоненти, леци и рефлектори, извличат светлината от чипа и оформят проекцията на тази светлина в фокусиран лъч. Притежават матов дифузер, който осигурява много равномерно осветяване с широк ъгъл ( $110^\circ$ ) без отблясъци и заслепяване. На фиг. 24.3 са показани общия вид на тялото и светло-техническата крива.



**Фиг. 24.3. Линейни LED осветителни тела и светлотехническата крива (6)**

Светодиодно тяло за промишлено осветление тип „Камбана“ - такова LED тяло за промишлено осветление е показано на Фиг. 24.4. Промишленото тяло замества традиционните осветителни тела, работещи с халогенни или метал халогенни лампи. LED промишлено тяло е с корпус от прецизно отлят алуминий с много висока термо проводимост.



**Фиг.24.4. Светодиодно тяло за промишлено осветление тип „ Камбана“ (57)**

#### **Предимства:**

Ниска консумация - светодиодните осветители изразходват до 10 пъти по-малко електроенергия в сравнение с халогенните си еквиваленти.

Дълъг живот - LED продуктите имат много по-дълъг живот. Средната продължителност в часове варира между 20 000 и 30 000 часа постоянно светене.

Висок CRI - Светодиодите имат висок индекс на цвето предаване, не трептят и не дразнят човешкото око.

Не се нагряват- Максималната температура до която се нагряват LED продуктите не надхвърля 50 - 60 градуса за мощните и 30 - 40 градуса за по-слабите.

Димиране и управление - LED осветителите могат лесно и удобно да се димират и управляват с всички димери и контролери за LED осветление.

### **Въпроси и задачи**

**Задача 1.** Избройте видовете промишлени осветителни тела.

**Задача 2.** Опишете устройството на метал-халогенните осветителни тела.

**Задача 3.** Характеризирайте светодиодно тяло за промишлено осветление тип „Камбана“.

## 25. Прожектори. Конструктивни особености, приложение

Когато е необходимо осветяване на обекти и площи със значителни размери се използват специални осветителни тела наречени прожектори. Те представляват осветителен уред, в който за получаване на по-голям интензитет на светлината, тя се концентрира в ограничен пространствен ъгъл, чрез оптична система от огледала и лещи. LED прожекторът представлява оптична система, фокусираща светлината чрез рефлектор върху определена площ. При него източникът на светлина е светодиод или светодиоди.

### Класификация на прожектори:

**За далечно действие** - Светлинният поток се излъчва под малък пространствен ъгъл. Тези прожектори имат големи стойности на интензитета на светлината, което води до концентриране на светлинния поток. Отражателите на тези прожектори са параболични огледала, в чийто фокус е поставен светлоизточникът. За светлоизточник се използват лампи с висока яркост, като живачни лампи със свръх налягане и дъгови лампи с активни електроди.

**За близко действие** - Този вид прожектори се подразделят на:

**Прожектори с ъгъл на излъчване по-голям от 100°.** Служат за осветяване от много близко разстояние на големи площи, като фасади на сгради и рекламни табла.

**Прожектори с ъгъл на излъчване 40° - 50°.** Служат за осветяване на средно големи площи от разстояние до 25 метра.

**Прожектори с ъгъл на излъчване 10° - 20°.** Служат за осветяване на малки площи от разстояние до 200 метра.

**За външна употреба** - При този вид прожектори степента на IP защита трябва да бъде по-голяма от IP44, за да може да защити тялото от водни пръски и твърди предмети по-големи от 1мм.

**За вътрешна употреба** - Не изискват висока IP степен за влагозащита и прахоустойчивост.

### Устройство на съвременните LED прожектори

LED прожекторът представлява оптична система, фокусираща светлината чрез рефлектор върху определена площ. При него източникът на светлина е светодиод или светодиоди. LED прожекторът е изграден от корпус, светлоотражател и монтажна рамка.

**Корпус** - Използването на алуминий за изработване на корпуса се обуславя от ниското относително тегло на този материал, и от отличната топлопроводимост, което осигурява добро охлаждане на мощните LED прожектори. Пред него е разположено прозрачно закалено стъкло, обхванато от рамка с поставени уплътнения. В задната част на прожектора е предвидена монтажна рамка, с която изделието се закрепва на стена, стълб или друга хоризонтална или вертикална повърхност. Електрическият кабел, захранващ LED прожектора, влиза в корпуса чрез гумен маншон, възпрепятстващ проникването на влага. Самият кабел е с двойна изолация и е с характеристики, предвиждащи външно полагане. Захранването е стандартното мрежово захранване от 230VAC/50Hz. Съвременните качествени LED прожектори имат висок индекс на цвето предаване. Това е способността на светлината да възпроизвежда естествените цветове, което означава, че светлината на LED прожектора се възприема от очите като много близка до слънчевата светлина.

**Светлоотражател** - Изработен е от метал, с нанесен във вакуум тънък и блестящ слой алуминий, разположен около единичен мощен диод или група от светодиоди. Отделните елементи на корпуса са свързани плътно и са поставени силиконови уплътнители за обезпечаването на влаго и прахо непронускливостта на прожектора. Високата степен на защита от външни въздействия от типа на IP65 осигурява на електронните компоненти на прожектора дълъг живот.

**Монтажна рамка** - Тя придържа обикновена или призматична леща, изработена от закалено стъкло или удароустойчив поликарбонат. Рамката с лещата е механично запечатана със силиконово уплътнение към тялото на прожектора за работа в условия на различни атмосферни влияния.

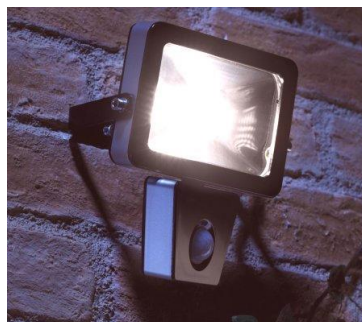


*Фиг. 25.1. LED прожектор (59)*

### **Модели на съвременните LED прожектори**

#### **LED прожектор с PIR сензор (Фиг. 25.2)**

Към тези прожектори се монтират сензори за движение, които реагират на инфрачервените лъчи, излъчвани от всяко топлокръвно тяло, т.е. PIR сензор. Сензорът за движение е подвижен. Конструкцията му позволява той да се върти на 180 градуса в хоризонтално и вертикално направление и разширява обхвата на действие. Обхватът му на действие е 120 градуса. Когато в диапазона на действие на сензора навлезе човек или едро животно, сензора включва електрическа верига и подава захранване към LED прожектора. Той заработва и осигурява светлина на човекът, който например вкарва колата си в гаража или се придвижва от един корпус до друг в рамките на промишлена зона. Разновидност на този тип е прожектор снабден със сензор за осветеност. При него удобството е, че сам се включва привечер и сам се изключва на зазоряване.



*Фиг. 25. 2. LED прожектор с PIR сензор (58)*

### LED прожектор RGB с дистанционно управление (Фиг. 25.3)

Това е LED прожектор с LED диоди в три цвята: R - червен, G - зелен, B - син. При различни комбинации от тези светлини, прожекторът може да свети в 16 различни цвята, които могат да се избират от дистанционно управление. Този тип прожектори се използват в дискотеки, концерти, домашни партита или зад водонепропускливо стъкло, за осветяване на водата на басейни.

Разновидност на RGB светодиоден прожектор е многоцветен LED прожектор с 18 мощни диода разположени в линия. Прожекторът е с дължина от порядъка на 500 - 600 mm и през равни разстояния са поставени разноцветни LED диоди с голяма мощност. Светлините се сменят чрез специален контролер и могат да бъдат програмирани.



*Фиг. 25.3 LED прожектор RGB с дистанционно управление*

**Свръхмощни LED прожектори** Представяват светодиоден прожектор с мощност 1000W и светлинен поток 90 000 - 100 000lm, при 90 - 100lm/W, които се осигуряват от 440 мощни светодиода, в един корпус. LED прожектори от този вид се използват за осветяване на стадиони, летища и други големи пространства.

#### **Предимства на LED прожекторите:**

1. LED прожекторите осигуряват високи светлинни характеристики при много ниско ниво на потребление на електроенергия, благодарение на това LED прожекторите намаляват разходите за осветление от 7 - 10 пъти.
2. Животът (ресурсът) на светодиодните прожектори е 30 000 - 50 000 часа, което се равнява на 5 години непрекъсната работа.



3. LED прожекторите са напълно безопасни. Не съдържат вредни за човек вещества, не създават вредни пулсации на светлинния поток и не излъчват ултравиолетови лъчения.

4. LED прожекторите са нагряват много по-малко от халогенните и метал-халогенните прожектори. Това позволява различни решения, неприложими за стария вид прожектори.

### **Въпроси и задачи**

**Задача 1.** Опишете предназначението на прожекторите.

**Задача 2.** Избройте видовете прожектори.

**Задача 3.** Опишете действието на LED прожектор с PIR сензор.

## 26. Улични осветителни тела

Пред уличното осветление са поставени няколко главни цели: безопасност за хората, създаване на спокойна атмосфера в конкретното населено място, повишаване интензивността на комуникациите в градска среда и между хората, спомагане за туристическия и културен обмен.

Доброто улично осветление е важна предпоставка за безопасното движение на хора и моторни превозни средства през цялото денонощие. Спомага за повишаване на пропускателната способност на уличната мрежа и повишава сигурността и спокойствието на пешеходците. Съвременните осветителни тела се състоят от конструкции за монтиране - обикновено стълбове, консумативи за телата: лампи, драйвери, и системи за управление, които могат да бъдат интегрирани модули или самостоятелни точки за контрол.

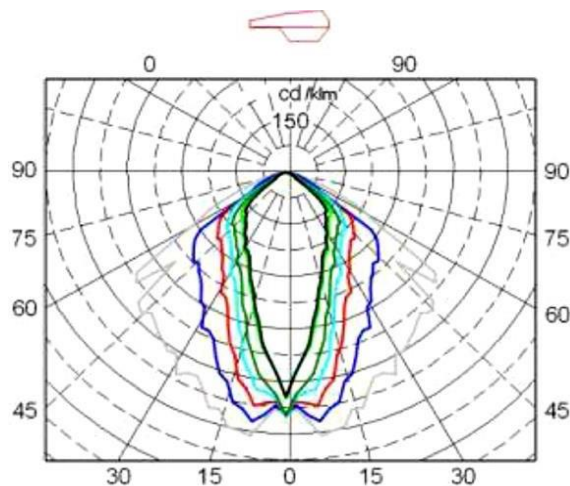
Новите технологии позволяват автоматично включване на уличните осветители в предварително зададено време или при определени промени на обстановката - смрачаване, влошаване на атмосферните условия и др.

Източниците на светлина, използвани в телата за улично осветление, са разнообразни - металохалогенни лампи, натриеви лампи с високо налягане с мощности 70 - 400W, светодиодни модули или лампи с мощности от 3 до приблизително 120W.

Нарастващата тенденция за интегриране на улични осветители със светодиодни/ LED източници на светлина е пример за стремежа на хората да ползват енергийно ефективни решения, с които се редуцира значително консумацията на електроенергия, като едновременно с това се запазва високото качество на излъчваната светлина.

### Светлоразпределителни криви на улично LED светодиодно тяло

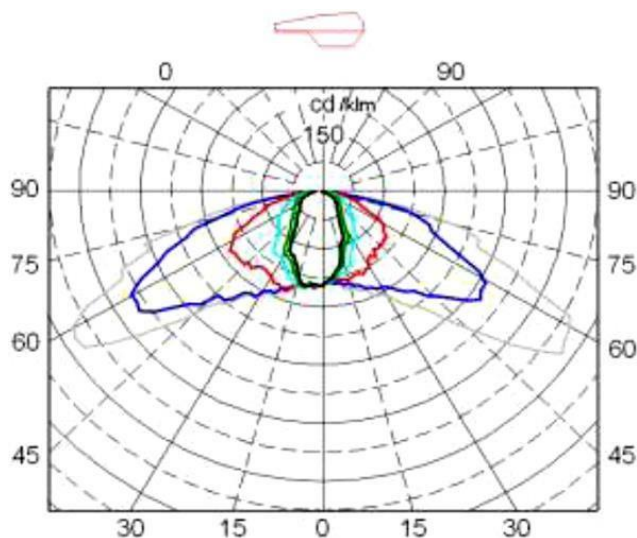
При уличните осветители, максимален комфорт за улично осветление се постига от осветители с широка светлоразпределителна крива. На Фиг. 26.1 е показана светлоразпределителната крива на стандартен уличен осветител.



**Фиг. 26.1. Светлоразпределителната крива на стандартен уличен осветител (б)**

Стандартното разстояние между стълбовете за улично осветление е 30 метра, което означава, че осветителите трябва да осигуряват равномерна светлина на около 15 метра встрани. Както виждаме от кривата обаче, светлината е концентрирана в основата на уличния осветител и интензитета ѝ пада много бързо, с всеки метър отклонение встрани. На практика осветлението в крайните участъци се осъществява, не от осветителя, а от отраженията от уличното платно.

На Фиг. 26.2 е показана светлоразпределителната крива на едно съвременно улично, светодиодно осветително тяло. Светлината е разпределена равномерно по цялата дължина, която трябва да бъде осветена. Осигуряват равномерно осветление на разстояния по-големи от стандартните.



**Фиг. 26.2. Светлоразпределителната крива на едно съвременно улично, светодиодно осветително тяло (б)**

### Уличен светодиоден осветител без вторична леща

На Фиг. 26.3. е показан уличен светодиоден осветител без вторична леща. Лещите се монтират върху полупроводниковия кристал по време на производството и обикновено са с полусферична или подобна форма. Предназначението им е предпазване на кристала и осигуряване на широк ъгъл на насочване на светлината. Най-често се изработват от подходящи полимери. Сред последните новости е използването на силициеви лещи, които пропускат добре светлината, с което се увеличава експлоатационният срок. Реализирано междустълбие на LED осветителите без вторична леща е 30 метра.



Фиг. 26.3. Уличен светодиоден осветител без вторична леща (б)

### Недостатъци на уличен светодиоден осветител без вторична леща:

Необходимост от голям брой улични LED осветители, по-голяма консумация на електрическа енергия за осветление, големи разходи за заплащането ѝ и поддръжка на осветителите.

### Уличен светодиоден осветител с вторична леща (Фиг. 20.4)

Реализирано междустълбие на LED осветителите с вторична леща е 54 метра.

LED източник на светлина



+

Вторична оптична леща



Фиг. 26.4. Уличен светодиоден осветител с вторична леща (б)

**Предимствата са:**

Необходимост от по-малък брой LED осветители, по-малка консумация на електрическа енергия за осветление, по-малки разходи за заплащането ѝ и поддръжка на осветителите при същото осветяване на улицата, както при без вторична леща.

**Изисквания към улично LED светодиодно тяло:**

- Корпусът на осветителя да бъде изработен от алуминий, устойчив на корозия и атмосферни влияния, с външна гладка повърхност без оребрения.
- Степен на защита от влага и прах IP 67.
- Закрепването на осветителя към стълба да бъде стабилно, корозионно устойчиво, да позволява директен монтаж.
- Охладителна система - защитена срещу директно отлагане на прах и други замърсявания.
- Оптична система - лещи изработени от UV-стабилизирани полимери с висок коефициент на пропускане на светлината.
- Източник на светлина - високоефективни светодиоди с единична мощност не повече от 2W.
- Светлоразпределителна крива - разширена с максимален интензитет на светлината в зоната на 60°, намален при 0° и ограничен в зоната 75° - 90°.
- Цветна температура в интервали от 4500K до 5500K.
- Индекс на цвето предаване  $Ra \geq 75$ .

**Интелигентно управление на уличното осветление**

Интелигентното улично осветление е динамично развиваща се технологична сфера. Все повече от съществуващите конвенционални публични осветителни системи в глобален мащаб биват подменяни със светодиодни и свързани решения, които се отличават с по-висока ефективност, по-дълъг експлоатационен живот и разнообразни възможности за управление. Освен изброените ползи LED осветлението осигурява и по-голяма екологосъобразност, тъй като отделя по-малко количество отпадна топлина и позволява димиране и изключване посредством сензори съобразно количеството дневна светлина и моментната необходимост от осветяване.

### **Въпроси и задачи**

**Задача 1.** Избройте изискванията към улично LED светодиодно тяло.

**Задача 2.** Опишете уличен светодиоден осветител с вторична леща.

**Задача 3.** Дефинирайте недостатъците на светодиоден осветител без вторична леща.

## Тест № 3

проверка на усвоени знания

Раздел „Осветителни тела“

Всеки верен отговор на въпроси № 2, № 3, се оценява с една точка.

Всеки верен отговор на въпроси № 1, № 5, № 7, № 9, се оценява с две точки.

Всеки верен отговор на въпроси № 4, № 6, № 8, № 10, се оценява с четири точки.

Непълнен отговор се оценява с намален брой точки. При грешен отговор не се присъждат точки.

**1. Избройте елементите на осветителното тяло.**

.....

.....

.....

.....

.....

**2. Коефициент на полезно действие на осветително тяло характеризира отношението на осветителния поток на осветители  $\Phi$  към този на източника на светлина  $\Phi_l$ :**

- а) вярно
- б) невярно

**3. Осветителното тяло с работна изолация без клема за присъединяване на зануляващия проводник има клас на защита:**

- а) I
- б) III
- в) 0

**4. Дефинирайте понятието цветна температура на осветително тяло.**

.....

.....

.....

.....

.....

**5. Избройте светлотехническите характеристики на осветителните тела предназначени**

**за жилищни и административни сгради:**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**6. Опишете устройството на метал-халогенни тела за промишлена сграда.**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**7. Опишете предназначението на прожекторите.**

.....

.....

.....

.....

**8. Дефинирайте предимствата на съвременните LED прожектори.**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



**9. Избройте изискванията към улично LED осветително тяло.**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**10. Опишете уличен светодиоден осветител с вторична леща.**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**КРИТЕРИИ ЗА ОЦЕНЯВАНЕ:**

- от 0 до 12 т. - Имате дефицит на знание. Проявете усърдие и прочетете отново материала.
- от 13 до 18 т. - Вашите знания са незадоволителни. Прочетете отново материала.
- от 19 до 22 т. - Справяте се добре. Попълнете пропуснатите знания.
- от 23 до 24 т. - Справяте се много добре.
- от 25 до 26 т. - Справяте се отлично.

## Раздел 4. Осветителни уредби

### 27. Общи сведения за осветителните уредби

#### Изисквания към осветителните уредби

Осветителните уредби са особен вид електрически уредби, които при проектирането им условно могат да се разглеждат като състоящи се от две части - светлотехническа и електрическа.

В светлотехническата част се решават всички въпроси, свързани с качествата на осветителната уредба (т.н. качествени и количествени показатели на осветлението), свързани с по-добро възприемане на наблюдаваните обекти и околното пространство, хигиена на зрението и стабилната работа на осветителите.

В електрическата част се решават въпросите, свързани с непрекъснатостта на електрозахранването, електрическата и пожарната безопасност на уредбата. Върху икономическата ефективност на осветителните уредби решаващо значение има светлотехническата част.

Осветителните уредби създават нормални условия за работа, тогава когато няма необходимата естествена светлина или когато тя не е достатъчна. Изискванията на които трябва да отговаря са:

- Да бъде икономична - това означава необходимото осветление да се постига с минимален разход на енергия и материали, при най-подходящ подбор на осветителни тела и система за осветление;
- Да бъде сигурна и безопасна за средата, в която ще работи;
- Да осигурява равномерно разпределение на светлината с най-малки пулсации;
- Да осигурява необходимата яркост върху работната повърхност;
- Да осигурява правилното различаване на цветовете;
- Да увеличава контраста между детайла и фона за добиване на правилна представа за формата и големината на предметите;
- Да не допуска сенки върху работната повърхност;
- Да не допуска прекалена яркост и да ограничава прекия блясък;
- Осветителите да бъдат така разположени, че да е възможно почистване с минимален обслужващ персонал;

Всички тези условия могат да се осигурят, ако преди проектирането на осветителната уредба специалистите са се запознали добре със характера на зрителната работа в работния процес, ролята на зрението, минималните размери на обекта, коефициентите на отражение, специфичните условия на работа и др. Не трябва да се изключва и проучването за разположението на всички предмети, които могат да хвърлят сянка върху работната повърхност. Необходимо е също така да се познава строителната характеристика на помещението. При осветление на открити площи се обръща внимание и на възможността за използване на високите постройки, работните зони и др.

### **Проектиране на осветителните уредби**

Проектирането на осветителни уредби включва следните етапи:

- Избор на системата за осветление;
- Определяне на нормената осветеност;
- Избор на светлинен източник;
- Избор на осветителни тела;
- Определяне на броя и разположението на осветителните тела и височината на окачване;
- Изчисляване на количествените и качествени показатели на осветителната уредба
- Изработване на плана за осветителната инсталация;
- Определяне на токовете кръгове;
- Извършване на електротехническите изчисления;
- Избор на схема за захранване;
- Начин на изпълнение на ел. инсталация;
- Определяне разположението на таблата;
- Начертаване на плановете на ел. инсталация;
- Определяне сеченията на проводниците и кабелите, избор на защитна, измервателна и комутационна апаратура;

При проектирането на осветителни уредби се спазват изискванията на Правилника за устройство на електрически уредби.

### **Основни въздействия върху околната среда**

Основното въздействие на осветителните уредби върху околната среда се изразява в енергопотреблението по време на тяхната работа и съответните емисии на парникови газове.

Други възможни въздействия върху околната среда произтичат от наличието в лампите на някои вещества, като например живак.

**Таблица 4.1. Основни въздействия върху околната среда на осветителната уредба**

Основни въздействия върху околната среда	Подход при опазване на околната среда
Енергопотреблението през всички фази от жизнения цикъл и използване на осветителната уредба	Във фазата на проектирането - да се осигури постигането на изискванията за осветление с малка осветителна мощност за единица площ
	При замяната на лампи да се купуват високоефективни лампи
	Да се използва регулиране на осветлението с цел допълнително намаляване на енергопотреблението
	Да се насърчава използването на баластни с възможност за димиране, когато това е осъществимо
Потенциално замърсяване на въздуха, почвата и водите през фазата на производството на елементите на осветителната уредба	Във фазата на инсталирането - да се осигури постигане на проектните параметри по енергоефективен начин
Използването на материали, включително и на опасни материали	Да се насърчава използването на лампи с ниско живачно съдържание
Генерирането на отпадъци (опасни и неопасни)	Да се използват повторно или да се оползотворяват отпадъците от осветителни уредби

### Въпроси и задачи

**Задача 1.** Опишете основните въздействия върху околната среда на осветителните уредби.

**Задача 2.** Избройте изискванията към осветителните уредби.

## 28. Системи за осветление

За да се осигури възможност на хората ефективно, точно и сигурно да изпълняват производствени задачи в обществени, административни и промишлени сгради трябва да бъде предвидена подходяща система за осветление.

**Видовете системи за изкуствено осветление са:**

**Системи за общо осветление** - Системите за общо осветление се разделят на два вида:

**Общо равномерно осветление** - осветителите са разположени в редици на еднакво разстояние един от друг. Разстоянието между редиците е също еднакво. Благодарение на това разпределение се постига равномерно осветление на цялото помещение.

Общото равномерно осветление е целесъобразно да се използва в следните случаи:

- Помещения, в които се извършва еднотипна работа;
- При гъсто разположени производствени машини и съоръжения, когато те не създават сенки върху работните места;
- Административни помещения;
- Помещения, в които не се извършва напрегната и продължителна зрителна работа;
- Спомагателни и преходни помещения и складове;

**Преимущества** на тази система на осветление са:

- Равномерно осветяване на цялото пространство на помещението.
- Ограничаване на заслепяването в допустимите предели за всички работни места и положения на работещия.

**Недостатъците** се състоят в:

- Възможност за поява на отразен блясък, вследствие на големия брой осветители, разположени по различен начин спрямо работните места и наблюдателите.
- Големи инсталирани мощности и скъпи осветителни уредби, особено при реализиране на високи осветености.

**Общо локализирано осветление** - осветителите са разпределени неравномерно в помещението, като по този начин се постигат по-високи осветености в отделни зони на помещението. Разположението на осветителите е ориентирано спрямо работните места, благодарение на което се създава възможност за отстраняване на сенките върху работната

повърхност и за подходящо насочване на светлинния поток. Локализираното осветление очевидно е приложимо, когато е известно точното разположение на машините и съоръженията в помещенията и не се предвижда тяхното разместване във връзка с промени на производствената технология. Използва се в следните случаи:

- Помещения, където са монтирани големи съоръжения, създаващи сенки и в които помещения не е възможно да се монтира местно осветление (цехове в химичната промишленост);
- Помещения с големи по площ работни повърхности, върху които трябва да се създават високи осветености (разкриващи плочи, маси за качествен контрол);
- Когато работните места са групирани и съсредоточени в отделни зони (група стругове, работни места до конвейера);
- Когато в отделните части на помещението се изпълняват работи с различна точност, изискващи различно ниво на осветеност;

Локализираното осветление е по-икономично от равномерното осветление. Отразеният блясък при него е сведен до минимум, но в някои случаи е възможно локално ориентираните осветители да заслепяват директно някои от работещите в помещението.

### **Система за комбинирано осветление**

Системата за комбинирано осветление е това осветление, при което естественото и изкуствено осветление се използват едновременно по време на пълен работен ден. Помещенията се осветяват от едни светлоизточници, а работните места от други. Независимо от системата на осветление обектите могат да се осветяват по различен начин. Комбинираното осветление притежава съществени преимущества, които трябва да се имат пред вид при избора на системата на осветление:

- Комбинираното осветление е по-икономично от общото осветление. Неговите приведени годишни разходи са по-малки поради по-малките инсталирани мощности и консумация на електрическа енергия. То е особено ефективно в случаите, когато трябва да се реализират високи осветености върху работните повърхности.
  - Местните осветители дават възможност за най-благоприятно насочване на светлинния поток към работната повърхност и наблюдавания обект. Чрез подходящо насочване на светлинния поток може да се намали до минимум отразеният блясък на работната повърхност и обработваните детайли.
  - Лесно почистване на местните осветители и подмяна на изгорелите лампи.
- Може да се изключи местното осветление там, където не се работи, като по този начин

се намалява консумацията на електрическата енергия. С оглед на всичко това се препоръчва комбинираното осветление да се използва в следните случаи:

- Помещения, в които се извършва точна зрителна работа.
- Наличие на машини и съоръжения, които създават дълбоки и резки сенки на работните повърхности (преси, щампи).
- Когато е необходимо да се променя посоката на светлината по време на производствения процес.
- Работните повърхности са ориентирани вертикално или наклонено.

#### **Видове системи в зависимост от функционалното предназначение:**

**Работно осветление** (Фиг. 28.1) - чрез него се създава необходимата осветеност в помещенията или на открити площи, когато няма естествено осветление или то е недостатъчно.



*Фиг. 28.1. Осветително тяло за работно осветление < >*

**Аварийно евакуационно осветление** (Фиг.28.2) - чрез него се създават необходимите условия за евакуация на хората при аварийно изключване на работното осветление. Такова осветление се предвижда обикновено в производствени помещения, където работят повече от 50 човека, а също и на опасни за преминаване места. Аварийно осветление за продължаване на работата, което е необходимо в случаите на внезапно аварийно изключване на работното осветление, може да причини производствени злополуки, пожар, взрив, продължително разстройство на технологичния процес и др.



*Фиг. 28.2. Осветително тяло за аварийно евакуационно осветление <60>*

### **Въпроси и задачи**

**Задача 1.** Опишете избора на системи за осветление.

**Задача 2.** Избройте видовете системи за осветление.

**Задача 3.** Дефинирайте комбинираното осветление.



## 29. Заземяване и зануляване на осветителни уредби.

Заземяването е създаване на електрическа връзка на части на електрически уредби, индустриални и комуникационни съоръжения със земя, посредством заземител или заземителна уредба. Защитното заземяване е заземяването на части, които подлежат на защита срещу индиректен допир при спазване на допълнителни изисквания. Заземяването се осъществява чрез система от заземители и заземителни проводници, като на „земята“ се възлагат една или повече от следните функции:

- Осигуряване на фиксиран потенциал на електропроводими части (намиращи се под напрежение) при нормални работни режими.
- Осигуряване на защита на хора и животни от поражения в резултат на електрическите явления при аварийни режими в електрически уредби и съоръжения.
- Осигуряване на защита на сгради, съоръжения и хора от въздействие на атмосферни електрически явления или от поява на технологични електростатични заряди.
- Осигуряване на сигнални, силови и защитни електрически контури в информационни и комуникационни системи.
- Осигуряване на „опорни“ потенциални повърхности на антенни устройства

### Термини и определения:

**Работно заземяване** - Съединяване на определена тоководеща част от една електрическа система със земята, за да се осигури нормалната и работа.

**Защитно заземяване** - Заземяване на нормално нетоководеща метална част на електрически машини, съоръжения, апарати, носещи конструкции и др., направена за предпазване на хората. Осъществява се чрез отделни проводници.

**Земно съединение** - Случайно електрическо съединение на намиращите се под напрежение части на електрическата уредба с неизолирани от земята конструктивни части.

**Заземителна инсталация** - Съвкупност от заземители и заземяващи проводници.

**Заземител** - Проводник или група проводници, които се намират в непосредствен контакт със земята.

**Заземяващи проводници** - Проводници, които свързват заземяваните части на електрическата уредба със заземителите.

**Заземяване на коя да е част от електрическата уредба** - Преднамерено електрическо свързване на частите на електрическата уредба със заземителната инсталация.

**Напрежение спрямо земята при корпусно съединение** - Напрежение между корпуса и точки от земята, намиращи се извън зоната на земния ток, но не по-близо от 20 m.

**Съпротивление на заземяващата инсталация** - Сума от съпротивленията на заземителното отношение на земята и на заземяващите проводници.

**Съпротивление на заземителя (преходно съпротивление)** - Отношение на напрежението на заземителя спрямо земната точка с нулев потенциал към тока, който преминава през веригата заземителя-земя. Съпротивлението на заземителното устройство е сумата от съпротивления на заземителя по отношение на земята и съпротивлението на заземителните проводници.

**Нулев проводник** - Проводник на мрежата, който е съединен с директно заземен звезден център на трансформатора или генератора или среден заземен проводник в мрежа за постоянен ток, служещ за обратна връзка при неравномерен товар на фазите или полюсите.

**Защитно изключване** - Автоматично изключване от защитата на всички фази или полюси на повредения участък от мрежата с общо време най-много 0,2 s, от момента на възникването на еднофазното съединение до неговото изключване.

#### **Видове системи за защитно заземяване**

Различават се следните три системи за заземяване:

- **TN система** - Разделяща се на подсистемите TN-C, TN-S, TN-C-S ;
- **TT система;**
- **IT система** - При IT устройство за заземяване или няма заземяване на захранването, или се извършва чрез връзка с висок импеданс. Този тип заземяване не се използва за разпределителни мрежи;

#### **Значение на буквените означения**

**T** - Частите под напрежение в системата имат една или повече преки връзки към земята;

**N** - Неутрален проводник;

**PE** - Защитен проводник;

**PEN** - Комбинирана нула и защитно заземяване;

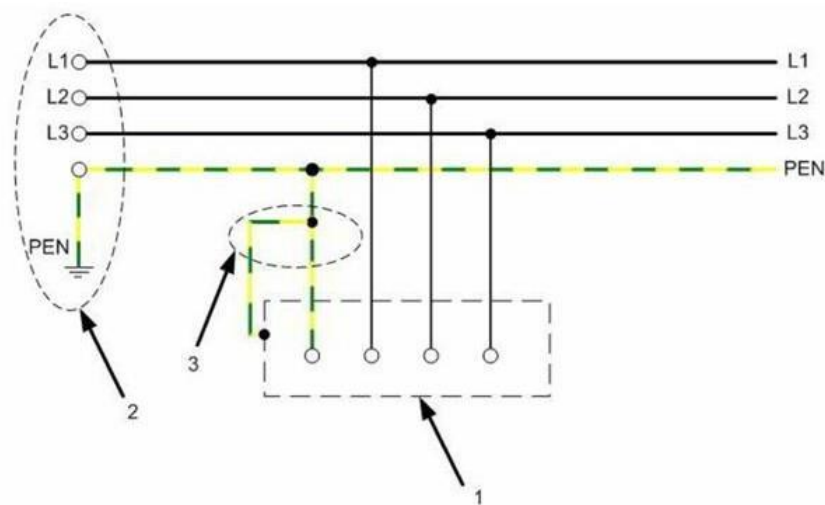
**Букви след N** - Комбинация в един проводник или разделяне на функциите на нулево работещи и нулеви защитни проводници;

**S** - Нулеви работни (N) и нулеви защитни (PE) проводници са разделени;

**C** - Функциите на нулевите защитни и нулевите работни проводници се комбинират в един проводник (PEN-проводник);

### ✚ Система TN-C (Фиг. 29.1)

Неутралният проводник се използва в качеството на защитен проводник и се означава като PEN (Protective Earth and Neutral - защитен неутрален проводник). Тази схема не допуска използването на PEN проводници със сечение по-малко от  $10\text{mm}^2$  мед. Схемата TN-C изисква ефективна среда в границите на уредбата с максимално възможно равномерно разположение на заземителите, тъй като PEN проводника е и неутрален проводник, и през него протичат токове на несиметрия във фазите. Затова PEN проводника трябва да се съедини към редица заземители на уредбата. PEN проводника трябва винаги да бъде свързан към заземителната клема на товара.



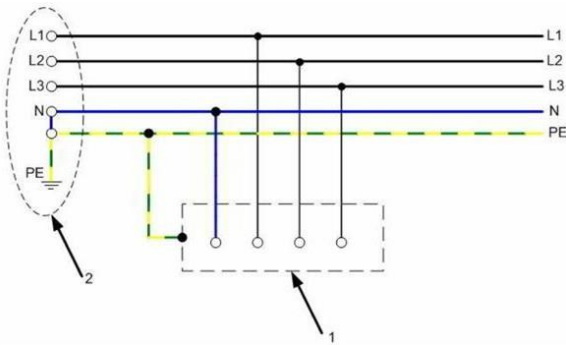
Фиг. 29. 1. Система TN-C (64)

- 1 - Отворени проводими части;
- 2 - Захранване;
- 3 - Разпределително табло към апартамента;

Защитата е изградена върху действието на уредбата след късо съединение. Защитната и работещата нула са в един и същ проводник към разпределителното табло.

### ✚ Система TN-S (Фиг. 29.2)

Тази система е най-безопасната за високи сгради. Схемата TN-S (пет проводника) е задължителна за вериги с проводници, чието сечение е под  $10\text{mm}^2$  мед и за преносимо електрообзавеждане. Защитният и неутралният проводник са разделени.

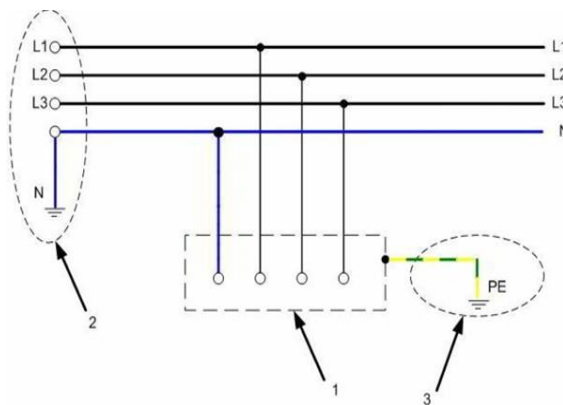


Фиг. 29.2. Система TN-S <64>

1 - Отворени проводимичасти; 2 - Захранване;

### ✚ Система TT (Фиг. 29.3)

Обикновено се използва в строителството на частни къщи. Неутралната точка на захранващия източник е свързана непосредствено със земя. Всички достъпни и не принадлежащи токопроводими части на електрическата уредба са съединени към отделен заземител на уредбата. Този заземител може да бъде или да не бъде електрически независим от заземителя на източника. Двете зони на влияние може да се припокриват без да оказват отрицателно въздействие върху работата на защитните устройства.



Фиг. 29.3. Система TT <7>

1 - Отворени проводимичасти; 2 - Захранване;

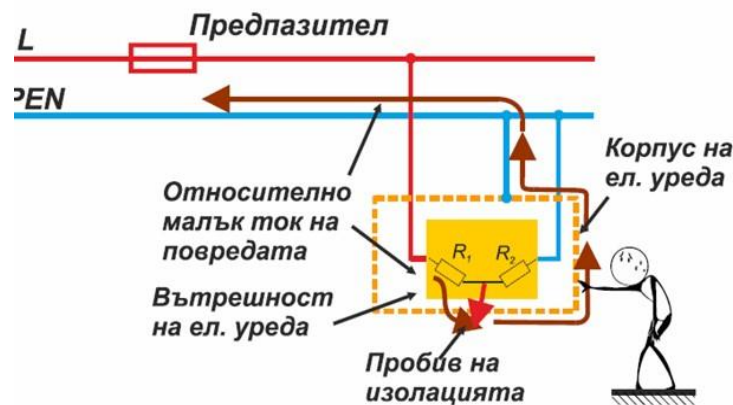
3 - Земна верига в частна къща и проводник, простиращ се от него;

### Зануляване (Фиг. 29.4)

Свързване на части на електрическата уредба, които подлежат на защита при

индиректен допир, с многократно заземения неутрален проводник. Целта на зануляването е при поява на опасност за човека от индиректен допир да бъдат изключени от токова защита повредените съоръжения или участъци от мрежата. Зануляването се изпълнява по следните два основни начина:

- Присъединяване към проводник PEN (нулевият проводник изпълнява и функция на защитен проводник) в трифазна четири-проводна (TN-C) или двуфазна три-проводна мрежа.
- Присъединяване към проводник PE в трифазна пет-проводна или двуфазна четири-проводна мрежа TN-S (с отделно изведени работен нулев N и защитен PE проводници). Прилага се в помещения с повишена опасност, когато има условия за прекъсване на работния нулев проводник или към аналогови и дискретни електронни устройства (в изчислителни центрове, телекомуникационна техника, медицинска техника) за избягване на внесени смущения от работния нулев проводник.



Фиг. 29.4. Зануляване (7)

Към изпълнението и избора на проводници PE и PEN и свързаните към тях съоръжения се поставят следните изисквания:

1. Наличие на защитни клеми и знак за означаване на защитна клема.
2. Наличие на присъединени към защитната клема защитни проводници. Към тях не трябва да има монтирани елементи, нарушаващи целостта им.
3. Наличие на цветова маркировка (жълти и зелени ивици) на изолацията на защитните проводници.
4. Защитните проводници PE или PEN, трябва да имат изолация, равностойна на изолацията на тоководещите проводници.
5. При сечение на тоководещите проводници до  $16 \text{ mm}^2$  защитните проводници PE или PEN трябва да бъдат със същото сечение.
6. Неутралният (нулев) проводник трябва да бъде повторно заземен най-малко на две

места и да бъде свързан с подходящи естествени заземители.

### **Въпроси и задачи**

**Задача 1.** Дефинирайте термина работно заземяване.

**Задача 2.** Опишете действието на система TN-S.

**Задача 3.** Избройте изискванията към изпълнението и избора на проводници PE и PEN.

### 30. Осветителни уредби в жилищни и обществени сгради

Основни тенденции при проектирането на вътрешни осветителни уредби включва постигане на по-висока енергийна ефективност при по-ниски разходи за енергия, както и осигуряване на необходимото ниво на осветеност и яркостен комфорт. Към осветителните уредби на жилищни и обществени сгради, се предявяват повишени изисквания към качеството на осветлението. Качествените и икономическите показатели на осветителната уредба са определени от светлотехническите им показатели. По условията на зрителна работа помещенията на обществените сгради се разделят на следните групи:

- Помещения, предназначени за изпълнение на точни зрителни работи при фиксирано направление на зрителната линия на работещите към работната повърхност;
- Помещения, в които се осъществяват наблюдаване на обекти и обзор на окръжаващото пространство;
- Помещения, в които се осъществява обзор на окръжаващото пространство;

#### Проектиране на осветителната уредба

Проектирането на дадена осветителна уредба започва с разработването на светлотехническа част в която се решават следните задачи:

**Избор на система на осветление:** Препоръчва се система за общо осветление, при което осветителите са разположени по тавана или в равнина успоредна на тавана и осветяват едновременно работната повърхност в цялото помещение. Използват се системите за:

- **Общо равномерно осветление** - Светлинният поток се разпределя равномерно върху цялата повърхност, без да се набляга на конкретни обекти. Осветителите са разположени в редици на еднакви разстояния между тях.
- **Общо локализирано осветление** - Акцентира се върху съоръжения, които могат да засенчат работните места, а също така и при наличие на зони изискващи различна осветеност осветителите се разпределят неравномерно.

**Избор на светлинен източник:** В жилищни и обществени сгради намират приложение следните видове светлинни източници:

#### 1. Нажежаеми лампи

Използването на тези лампи е възможно при сравнително ниски осветености до 150 lx, тъй като малкият светлинен добив и интензивното инфрачервено излъчване е предпоставка за възникване на топлинен дискомфорт. Не са подходящи при осветителни уредби с високи изисквания към цветоподаването. Понеже в този вид лампи напрежението оказва силно

влияние върху живота на лампите, то при избора следва да се отчита и режима на захранващото напрежение. Осветителите при система за общо осветление се захранват с напрежение до 380 (400)V.

## 2. Луминесцентни и компактни луминесцентни лампи

Приложението им се изразява във вътрешни осветителни уредби. Не са подходящи при:

- Чести включвания и изключвания.
- Височина на помещения но-високи от 6 м;
- Околна температура извън интервала (15° - 35°);

Луминесцентни лампи с дневна светлина се препоръчват при помещения без прозорци и помещения с повишени изисквания към цветоподаването. Луминесцентни лампи с бяла светлина се използват в обществени и административни сгради без специални изисквания към цветоподаването. Луминесцентни лампи с топло бяла светлина се използват при битови помещения. Компактни луминесцентни лампи са подходящи за замяна на нажежаемите лампи в осветителните уредби.

## 3. LED източници на светлина

Нов вид осветители в жилищни и обществени сгради. Поради своята ефективност намират приложение както в жилищни, така и в големи търговски помещения, офис сгради и складове. Използват се с най-различно приложение - за авиационно осветление, автомобилно осветление, рекламно, общо осветление и за пътни знаци и много други.

Изборът се извършва, като се изхожда от технико-икономическите показатели на светлинните източници показани в Таблица 30.1.

**Таблица 30.1 Технико-икономическите показатели**

Технико- икономически показатели на лампите		
Електрически	Светлотехнически	Икономически
Напрежение - U	Светлинен поток	Светлинен добив
Мощност - P	Яркост	Среден живот
Ток - I	Цветна температура	Коефициент на стабилност
	Индекс на цветоподаване	Цена
	Заслепяване	
	Коефициент на пулсации	

**Избор на нормена осветеност:** Нормената осветеност се избира с оглед на ъгловия размер на наблюдавания обект, контрастът между обекта и фона и коефициента на отражение на фона. При избор на нормената осветеност допълнително трябва да се съобразява и



системата за осветлението, наличието или отсъствието на естествено осветление в помещението, продължителност на престоя в помещението и други.

**Избор на осветително тяло:** При избор на осветител се изхожда от светлотехническите, икономическите, естетическите изисквания и условията на околната среда. За жилищни и обществени сгради, при които тавана, стените и работната повърхност имат високи коефициенти на отражение и към тях се предявяват повишени изисквания към качеството на осветлението се препоръчва използването на осветители с директна и разсеяна светлина.

**Определяне на експлоатационен фактор ( $K_3$ ):** Отчита намалението на осветеността по време на експлоатацията на осветителната уредба.

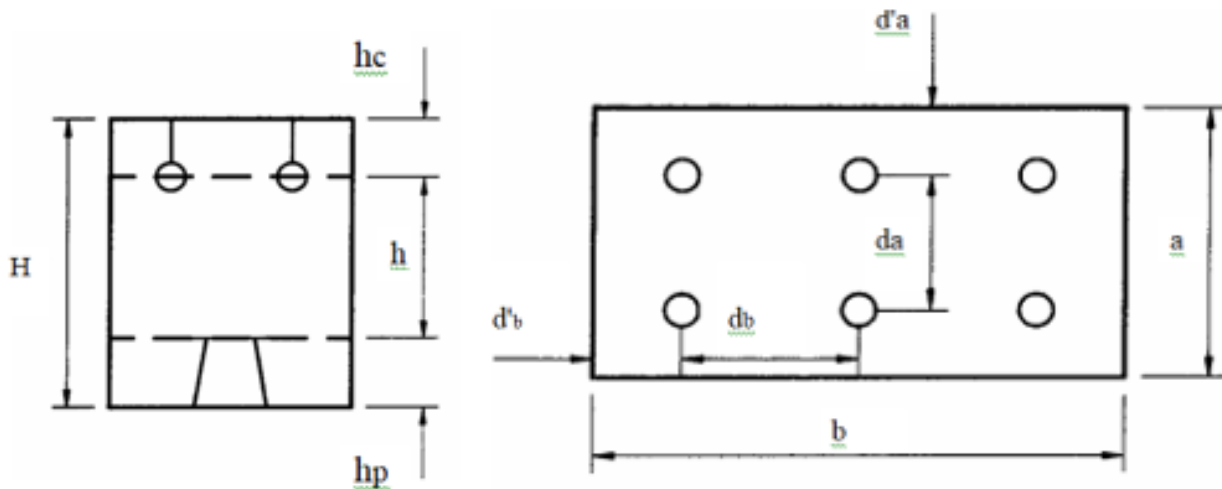
Избора на експлоатационен фактор Таблица 30.2 се извършва в зависимост от светлинния източник, осветителното тяло и интензивността на замърсяване при фиксиран интервал на почистване.

**Таблица 30.2. Избор на експлоатационен фактор**

Обекти за осветяване	Експлоатационен фактор	
	За газоразрядни лампи	За лампи с нажежаема спирала
Производствени помещения със запрашеност на въздуха в работното пространство	2.0	1.7
А - над 5mg/m <sup>3</sup> прах, дим, сажди	1.8	1.5
Б - от 1 до 5mg/m <sup>3</sup> прах, дим, сажди или има висока концентрация на пари от киселини, основи и газове	1.5	1.3
под 1mg/m <sup>3</sup> прах, дим, сажди и помещения в обществени и жилищни сгради	1.5	1.3

### Определяне на разположението на осветителите

Разположението на осветителите се дефинира чрез размерите показаните на (Фиг.30.1).



Фиг. 30.1. Разположение на осветителите

**a** - Ширина на помещението;

**b** - Дължина на помещението

**H** - Височина;

**hp** - Разстояние между работната повърхност и пода;

**hc** - Разстояние между осветителите и тавана;

**h** - Разстояние между осветителите и работната повърхност;

**da** - Разстояние между два съседни реда осветители;

**d'a** - Разстояние между крайния ред осветители и стената на помещението;

**db** - Разстояние между два съседни осветителя от един ред;

**d'b** - Разстояние между крайния осветител от един ред и стената;

**Изчисляване на инсталираната мощност:** При система за общо равномерно осветление в жилищни и обществени сгради светлинния поток  $\Phi$ , който следва да излъчва всяка лампа от осветителната уредба се изчислява по формулата:

$$MF=1/K_3 \qquad \Phi=E_H.S/MF. N.m.\eta_p .g_1$$

Където:

$K_3$  - Експлоатационен фактор;

$E_H$  - Нормената осветеност lx;

$S= a.b$  - Площ на работната повърхност  $m^2$  ;

$N$  - Брой на осветителите в осветителната уредба;

$g_1$  - Коефициент на равномерност;

$\eta_p$  - Коефициент на използване на осветителната уредба.

### Въпроси и задачи

**Задача 1.** Опишете основните тенденции при проектирането на вътрешни осветителни уредби.

**Задача 2.** Дефинирайте параметрите от формулата  $\Phi = E_n \cdot S / MF \cdot N \cdot m \cdot \eta_p \cdot g_1$

## 31. Осветителни уредби в промишлени сгради

Осветителните уредби в промишлените предприятия са предназначени да създават изкуствено осветление за осигуряване на добра видимост в работните помещения. Недоброто или лошо осветление води до снижаване на производителността на труда, увеличаване на брака, увеличаване на броя на трудовите злополуки, а също така и до увреждане на зрението на производствения персонал.

Съвременните тенденции в промишленото осветление са насочени основно към повишаване на качеството на осветлението, което е фактор за повишаване на производителността, и използването на енергийно-ефективни технологии за изкуствено осветление.

Промишлените осветителни уредби трябва да се изграждат със светлинни източници с максимално добър индекс на цвето предаване и да са с голяма стабилност на светлинния поток в процеса на експлоатация. Да позволяват лесно и ефективно регулиране на светлинния поток, с цел изграждане на системи за управление на осветеността. Необходимо е и да имат голям светлинен добив с оглед постигане на висока енергийна ефективност на осветителната уредба.



Фиг. 31.1. Осветителна уредба в офис сграда <5>

В зависимост от функционалното предназначение на изкуственото осветление в промишлено предприятие се различават:

- Работно осветление;
- Аварийно осветление, което от своя страна се подразделя на евакуационно и за продължаване на работата;
- Дежурно и охранително осветление;
- Ремонтно осветление;

Електрозахранването на работното осветление може да се осъществява съвместно със силовия товар или от самостоятелен трансформатор. Захранване на осветлението от отделен трансформатор се изпълнява когато отклонението и резките изменения на напрежението вследствие на пускане на двигатели и работа на консуматори с ударни натоварвания, би смущавало нормалната работа на светлинните източници.

### **Изисквания към светлинните източници на промишлените осветителни уредби**

Избора на светлинния източник се прави въз основа на:

1. Електрическите, светлотехническите, експлоатационните и икономическите показатели и характеристики на различните видове лампи.
2. Конкретните условия и изисквания:
  - Да имат максимално добър индекс на цвето предаване - Ra;
  - Да са с голяма стабилност на светлинния поток в процеса на експлоатация;
  - Да имат дълъг експлоатационен живот (намаляване на разходите за подмяна на лампи);
  - Да позволяват лесно и ефективно регулиране на светлинния им поток, с цел изграждане на системи за управление на осветеността или системи за биодинамично осветление;
  - Светлинните източници да имат голям светлинен добив с оглед постигане на висока енергийна ефективност на осветителната уредба;

### **Осветителни тела използвани в промишлени осветителни уредби**

При осветяване на производствени помещения, чиито таван и стени имат по-големи коефициенти на отражение, уместно е да се използват осветителни тела с преобладаваща директна светлина за да се освети по-добре цялото помещение, включително таванът и стените.

Осветителните тела с разсеяна и особено с индиректна светлина намират ограничено приложение в производствените помещения. Те насочват значителна част от светлинния поток към тавана и стените, поради което осветителната уредба не е икономична. С оглед на това те се използват само в помещения, където се поставят високи изисквания за качество на осветлението, например в административни помещения, чертожни зали и др. За външно осветление се използват осветителни тела с директна светлина.

Прожекторите намират приложение при осветяване на големи работни площадки, а също и на обекти, по чиято територия не се допуска монтирането на стълбове с осветителни тела за близкодействие: открити рудници, открити електрически подстанции, комуникационни възли и др.

Поставените изисквания към светлинните източници и осветителните тела на съвременните осветителни уредби в най-голяма степен се изпълняват от луминесцентните лампи. С големия си експлоатационен живот - над 16 000 часа, големия светлинен добив - вече до 110 lm/W, и стабилния светлинен поток в процеса на експлоатация, луминесцентните лампи се наложиха като предпочитан светлинен източник в промишленото осветление.

Дълги години в практиката битуваше мнението, че луминесцентните лампи са подходящи за осветяване на помещения с височина до 6 m. С развитието на оптичните системи и създаването на нови генерации луминесцентни лампи с компактни размери, се конструираха луминесцентни осветителни тела за монтаж на височина до 10 m.

При помещения с височина над 5 метра обикновено се използват осветителни тела тип камбана с металхалогенни лампи - с кварцова или с керамична горелка. По-старият и по-разпространен тип са металхалогенните лампи с кварцова горелка. Предлагат се с мощност до 400 W и светлинен поток до 40 000lm. Характеризират се с добър индекс на цвето предаване Ra, по-голям от 60 и висок светлинен добив - до 90lm/W. Средният им живот е 12 000 часа. Недостатъците им са промяната на цветността през живота на лампата и значителното намаляване на светлинния поток до 60 % от номиналния.

По-съвременният тип металхалогенни лампи - с керамична горелка предлагат по-добри експлоатационни характеристики, т.е. по-добра стабилност на светлинния поток и на цветността на лампата през живота ѝ. Сред предимствата им са добрият индекс на цвето предаване Ra, по-голям от 90 и по-високият светлинен добив - до 100lm/W. Предлагат се с мощност до 250W и светлинен поток до 24 500 lm.

В помещения със значително естествено осветление е икономически целесъобразно изграждането на осветителна уредба с възможност за регулиране на светлинния поток

(димиране), което би могло да доведе до 60% намаляване на консумацията на електрическа енергия. В момента са се наложили два стандарта за димиране - аналогов 1 - 10V и цифров.

Стандартът DALI постепенно измества аналоговия стандарт, тъй като е с по-лесна топология и предлага по-голяма функционалност. При цифровия стандарт всеки баласт е с отделен адрес и се управлява индивидуално, като към един DALI контролер могат да се свържат до 64 баласта (адреса). Освен ръчно управление DALI системата предлага възможност за автоматично управление на осветлението по осветеност и/или присъствие. Реализира се чрез използването на специални датчици, като един сензор би могъл да управлява дадена група от осветителни тела. При наличието на система за сградна автоматизация DALI баластите позволяват лесно присъединяване и на осветителната уредба към нея.

Стандартът за управление на осветлението на WAGO е изключително усъвършенствано решение за светлинен мениджмънт в големи помещения като производствени съоръжения и складове. Светлинният мениджмънт на WAGO предлага следните функции:

- Оптимален контрол на осветлението чрез интелигентно регулиране и управление на базата на превключване и димиране;
- Непрекъснат контрол на дневната светлина;
- Предварително дефиниран хардуер, включително интерфейси за DALI, EnOcean, KNX, както и предварително дефиниран софтуер;
- Събиране на данни за потреблението на енергия; всеобхватни възможности за диагностика и поддръжка;
- Цветови контрол на температурата с допълнителни криви за стойност на димиране изададена стойност (lux);
- Времево управлявана програма с включена функционалност за избор според график;

## Въпроси и задачи

**Задача 1.** Опишете какви осветителни тела се използват в промишлени осветителни уредби.

**Задача 2.** Избройте изисквания към светлинните източници.

## 32. Аварийно и евакуационно осветление. Изисквания.

Основното предназначение на аварийното и евакуационното осветление е да осигури безопасно напускане на съответната сграда в случай на пожар, земетресение, опасност от отравяне и т.н. Именно затова, изграждането на системи за аварийно и евакуационно осветление е важна част от строителството и поддръжката на всички индустриални и обществени сгради.

Типът, размерите, характеристиките, местоположението и захранването на осветителите, които могат да се използват във функцията на аварийно и евакуационно осветление на сградата, трябва да съответстват на съответните стандартизационни изисквания. Навсякъде в Европа готовите планове за реализацията на системите се одобряват от упълномощени за това органи. В съвременните сгради се отделя все по-голямо внимание на сигурността на обитателите, особено когато става въпрос за офисни, административни, търговски или производствени обекти, в които по правило се помещават много хора.

Нито една новопостроена промишлена или обществена сграда не би могла да бъде пусната в действие, без да са изпълнени стандартизационните изисквания за изграждане на аварийно и евакуационно осветление. Изборът на аварийно и евакуационно осветление е и вероятно ще продължи да бъде правен на базата на особеностите на сградата и възможностите и желанията на клиента. За безопасността се мисли на всички нива и етапи от проектирането, като тя се разглежда от всички възможни аспекти - сеизмична, противопожарна, мълниезащита, безопасност при аварии и природни бедствия.

Системите за аварийно и евакуационно осветление позволяват при проблем с централното електрозахранване да се осигури от независим източник достатъчно светлина за нормално приключване на процесите и при необходимост безопасно напускане на сградата. Целта на аварийното и евакуационно осветлението е:

1. Да се освети посоката на евакуационния път по цялата му дължина;
2. Премаване до и през изходите, отвеждащи до безопасно място;
3. Да осигурява осветяването на противопожарните кранове, сигнални бутони и др.;
4. Да осигури безпрепятствено извършване на действията, свързани с безопасността на хората и имуществото при аварийни условия;



## **Видове аварийно осветление**

### **Аварийно - за продължаване на работата**

Аварийно осветление за продължаване на работата се осигурява в случаите, когато внезапното изключване на работното осветление (при повреда) и свързаното с него нарушение на нормалното обслужване на машините и съоръженията води до:

- Взрив, пожар, отравяне на хора;
- Продължително нарушаване на технологичния процес;
- Нарушаване работата на обекти като: електрически станции, пунктове за управление на системите на водоснабдяване, канализация, топлофикация и климатизация на производствени помещения, помещения на дежурни пожарни постове, възли за радиопредаване и свързки, диспечерски пунктове;
- Опасност от травматизъм на места с голямо струпване на хора;
- Нарушаване на нормалното обслужване на болни в операционни блокове, кабинети за бърза помощ и приемни на лечебни заведения;

Най-малката осветеност на работни повърхности, изискващи обслужване при аварийен режим, е 5% от осветеността на работното осветление при система на общо осветление, но не по-малка от 2 лукса в сгради и не по-малко от 1 лукс за площадките на предприятия.

### **Аварийно - за евакуация на хора**

Аварийно осветление за евакуация на хора се монтира при следните случаи:

В места, опасни за преминаване на хора, а също на основните проходи и на стълбите, които служат за евакуация на хора от производствени и обществени сгради, където работят или пребивават повече от 50 души, и по стълбите на 8 и повече етажни жилищни блокове, когато същите са без естествено осветление;

В производствени помещения с постоянно работещи в тях хора, където излизането от помещението при внезапно спиране на работното осветление (при повреда) е свързано с опасност от травматизъм поради продължаване на работата на производствените съоръжения, а също в производствени помещения с брой на работещите в тях повече от 50 души (независимо от степента на опасност от травматизъм) и в други помещения, където могат едновременно да се намират повече от 100 души.

Аварийното осветление за евакуация на хора осигурява минимална осветеност на пода и основните проходи 0,5 лукс в помещенията и 0,2 лукс на откритите територии.

## Видове осветители за аварийно осветление

### Аварийни осветители

Отличават се от осветителите за работно осветление по типа и размерите. Не се допуска използването на живачни лампи с високо налягане, металхалогенни, ксенонови и други лампи, при които след включването им под напрежение нормалната осветеност закъснява с повече от 0,5 секунди. Присъединяват се към мрежата на аварийното осветление.



Фиг. 32.1. Аварийни осветители (60)

### Евакуационни осветители

Приблизителното разстояние между евакуационните осветители е около два метра. Принципно, дистанцията между отделните осветители зависи от фотометричните им характеристики.



Фиг. 32.2. Евакуационни осветители (60)

Обозначителните знаци са неделима част от всяка система за евакуационно осветление и към тях също има специални изисквания. Изключително важно е обозначаващите знаци да дават ясна информация накъде са изходите в случай на прекъсване в електрозахранването или

при друга опасна ситуация. За тази цел са необходими ясни и лесни за разбиране знаци със съобразена големина, които да се поставят на стратегически места от евакуационния маршрут. Особено важно е знакът да се вижда от всички страни, за което се подбира оптимално както размера, така и разположението му. Знаците за аварийно евакуационно осветление се разполагат:

- Над всеки изход за евакуация на повече от 50 човека;
- На евакуационни стълбища в и извън обема на сградата така, че да се осигурява осветяването им;
- В близост до площадките между етажите и междинните нива;
- При всяка промяна в посоката на движение на евакуационния път;
- При промяна на котата на пътя в проходи и коридори (стъпала);
- Във всяка пресечна точка на коридорите;
- Извън и в близост до крайния евакуационен изход;
- В санитарно-хигиенни помещения с обща площ, по-голяма от 25 m<sup>2</sup>;
- В близост до местата за разположение на уреди за пожарогасене и на бутони за пожароизвестяване;

### **Преносими аварийни осветители**

Използват се за аварийно или временно осветление на помещения при неизправност на основната осветителна уредба или друго извънредно събитие.



*Фиг. 32.3. Преносими осветители (65)*

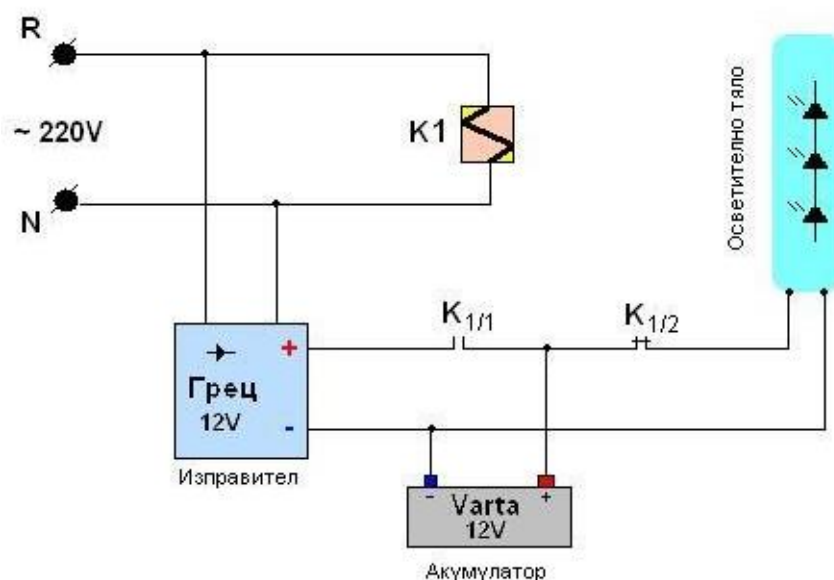
### **Преобразувателни устройства**

Служат за конвертиране на обикновени луминесцентни осветителни тела в аварийни осветители.



Фиг. 32. 4. Преобразователни устройства (61)

#### Схема на свързване на аварийното осветление



Фиг. 32.5. Схема на свързване на аварийното осветление (62)

Осветители за аварийно осветление без естествено осветление, а също осветители за продължаване на работата в помещения с естествено осветление се присъединяват към независим източник на захранване или се превключват към него автоматично при внезапно изключване на работното осветление (при повреда).

Осветители за аварийно осветление за евакуация на хора от помещения с естествена светлина се присъединяват към мрежа независимо от мрежата на работното осветление, започвайки от табло с ниско напрежение на подстанцията или от въвода в сградата.

Допуска се захранване на осветители за аварийно осветление от мрежата на работното

осветление при наличие на автоматично превключване към източник на захранване на аварийно осветление при внезапно изключване на работното осветление (при повреда).

### **Проверка на изправността на аварийното осветление**

Проверката и обследвания на аварийните и евакуационни системи се извършва както следва:

**Ежедневната проверка** включва: визуална проверка на осветителите. Визуалната проверка установява дали на индикатора на всеки осветител, показва че зарядното захранване към батериите е налице и че лампите функционират.

**Месечната проверка** включва всеки осветител да се включва на аварийно захранване, като се симулира отпадане на нормалното захранване за период достатъчен да се провери, че всеки един от тях работи при аварийен режим. След проверката в аварийен режим, осветителите трябва да бъдат включени отново към нормалното захранване. След това трябва бъде направена нова проверка за да се потвърди, че зарядното захранване към батериите е налице. Тези проверки служат и за разреждане и зареждане на батериите. Ако това не се извършва редовно, живота на батериите намалява рязко (многократно).

**Годишната проверка** включва всеки осветител да се включва на аварийно захранване, като се симулира отпадане на нормалното захранване за период от време, за който аварийното осветление е проектирано (примерно 1 час). Проверява се дали в края на този период всички осветители работят. В края на периода за инспектиране в аварийен режим осветителите трябва да бъдат включени отново към нормалното захранване. След което трябва бъде направена нова проверка на всеки от осветителите, за да се потвърди, че зарядното захранване към батериите е налице.

## **Въпроси и задачи**

**Задача 1.** Избройте видовете аварийно осветление.

**Задача 2.** Опишете ежедневната проверка на изправността на аварийното осветление.

**Задача 3.** Опишете евакуационното осветление.

### 33. Уредби за специално осветление

В практиката често се налага осветяване на сгради и помещения за привличане вниманието на минувачите, за открояване на обществени сгради и паметници от околната среда, за открити спортни площадки и други.

#### Осветление на изложбени зали и музеи

Музеят е постоянна институция с идеална цел, в служба на обществото и неговото развитие, отворена за публиката и занимаваща се с изследвания, които се отнасят до материалните свидетелства за човека и околната среда. Музеят придобива, съхранява, експонира и най-вече представя тези материални свидетелства с научна и образователна цел, както и за естетическа наслада. Към осветлението се предявяват следните изисквания:

**За експонати, нечувствителни към светлината** - Осветлението се определя главно от изискванията за разположението на експонатите и зрителния комфорт на посетителите.

**За експонати, чувствителни към светлината** - От особена важност е защитата от облъчване на експонатите.

Светлотехническите изисквания зависят от:

- Зрителен комфорт, който осигурява на зрителя усещането за удоволствие и по този начин косвено допринася за по-доброто възприемане на експонатите;
- Зрителна ефективност, която дава възможност на зрителя да натоварва зрението си по-дълго време;
- Разпределението на светлинната яркост и интензитет на осветлението;
- Ограничаване на заслепяването по посоката на светлината;
- Цветът на светлината и цветовото възпроизвеждане на дневната светлина;

Отделните предмети и цветове трябва добре да се различават. Осветеността трябва да бъде от 50 до 100 lx за произведения с много светли тонове и от 100 до 1000 lx. за тъмни тонове.

При директно осветление осветителните тела трябва да са така насочени, че да осветяват ивица от стената на височина от 1 до 2,5 метра. Ъгълът на падащите лъчи спрямо стената трябва да бъде до 45°. Директното осветление не е за препоръчване, тъй като не може да се избегне напълно заслепяването, изисква голяма височина на сградите и загрозява помещението, дължащо се на големия брой осветителни тела.

Индириктното осветление се счита за най-подходящо, особено когато има възможност да се осветява стъклен покрив на залата и чрез допълнителни драперии или подходящи

стъклени прегради да се създават условия за разсейване на светлината.

Когато залите имат прозорци осветлението се прави така че, да се осветява таванът за да се създаде светлина най-близка до дневната. това може да се постигне и като се закрийт прозорците със светли завеси и светлината се насочи към тях. Така се създава равномерно отразена и разсеяна светлина.

### **Осветление на витрини**

Осветлението на витрини има рекламен характер и се цели съсредоточаване на вниманието на минувачите върху определени предмети. Спазват се следните **изисквания**:

1. Светлинния източник да бъде невидим за наблюдаващия.
2. Заслепяването да се избегне напълно.
3. Въздействието да се постига, чрез контраст между изложения предмет и околната среда;
4. Осветителните тела във витрините, които се виждат трябва да бъдат закрити с непрозрачни или дифузно разсейващи материали;

### **На открито се поставят:**

1. Лампи с мощност не-повече от 5W;
2. Лампи с нажежаема спирала с мощност по-малка от 100W включени на напрежение не превишаващо 60% от номиналното;
3. Газоразрядни лампи имащи яркост не повече от 2000nt (нит) или 2000cd/m<sup>2</sup>;

Осветеността се избира съгласно данните от Таблица 33.1. При осветяване на витрини трябва да се има предвид, че отношението на най-голямата осветеност към най-малката не трябва да превишава 3, а когато във витрината имапериодично включващи се реклами, трябва да се удовлетворяват следните изисквания:

- Продължителността на един работен цикъл не трябва да бъде по-малка от 10S;
- Във витрината могат да се включват не повече от 50 % от осветителнитетела;

Таблица 33.1. Избор при осветяване на витрини

Вид на улицата и градав който се намира витрината	Големи магазини		Малки магазини	
	осветление			
	Общо	Местно	Общо	Местно
<b>Големи градове</b>				
Централни и търговски улици	1000 - 2000	5000	500 - 1000	3000 - 5000
Други улици	500 - 1000	3000 - 5000	250 - 500	1000 - 3000
<b>Средни и малки градове</b>				
Централни и търговски улици	500 - 1000	3000 - 5000	250 - 500	1000 - 3000
Други улици	250 - 500	1000 - 3000	250	1000

### Рекламно осветление

LED осветлението е предпочитано в рекламата, заради високата му ефективност, нисък разход, дългия живот и икономичност. Предназначението на рекламното осветление е да акцентира вниманието върху определени предмети и декорация на улици.

За рекламно осветление се използват :

➤ LED неонена лента - Захранва се от 12V адаптер и осигурява ярка светлина с голяма цвeтова наситеност;

LED гъвкава светлинна лента - Притежава различни цвeтови нюанси като: тъмно синьо, светло синьо, червено, зелено, лилаво, розово, жълто, топло бяло и студено бяло.

Светодиодни гъвкави тръбни светлини (Фиг. 33.1) - Декоративни светодиодни светлинни ленти за вътрешна или външна употреба (IP 68 водоустойчив).

### Приложение на LED въжета (Фиг. 33.2)



Фиг. 33.2. Реализиран проект с LED въжета (63)

Електролуминесцентният кабел /ЕЛК/ не е светодиоден продукт. Представява бифиларен кабел, по който протича малък ток с висока честота, която активира покритото



с луминифор жило. Цветът се формира както от сместа на луминифора (фосфор), така и от цветния PVC защитен шлаух. Интензитета на светлинния поток се управлява по честота, по-високата честота формира по-ярко светене, но съкращава живота на ЕЛК. Честотата варира между 400Hz и 4000 Hz. Активирането на ЕЛК става чрез специални инвертори. ЕЛК са най-икономичните изкуствени източници на светлина - 0.3W / метър.

### Въпроси и задачи

**Задача 1.** Дефинирайте изискванията към осветлението на изложбени зали и музеи.

**Задача 2.** Избройте изискванията предявявани към осветлението на витрини.

**Задача 3.** Опишете предназначението на рекламното осветление.

## 34. Контрол и управление на осветлението с DALI

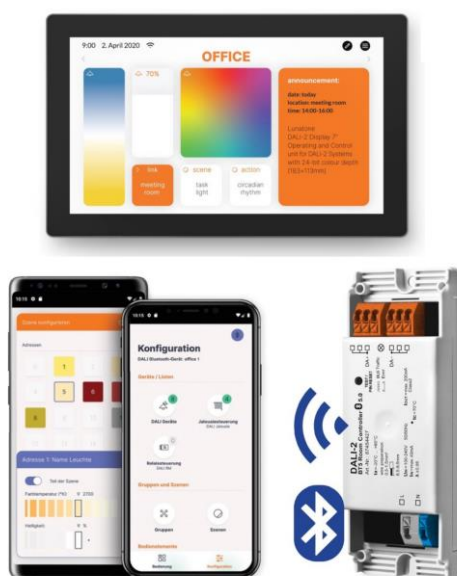
Системите DALI са предназначени за управление на осветителни уредби на помещения в малки и средни предприятия. Съкращението произлиза от английската фраза „Digital Addressable Lighting Interface“. Представява двупосочен комуникационен протокол, чрез който се осъществява контрол и синхронизиране на работата на елементите в една осветителна система. Отворената му организация гарантира съвместимост на устройства от различни производители. Реализират се самостоятелни управляващи системи от различен мащаб - от единични помещения до централно управление на множество зони.

### Устройства за комплексна DALI система

#### 1. Модули за управление (Фиг. 34.1.)

Изпращат команди към изпълнителните модули или данни към други управляващи системи. Към тях спадат бутони, дисплеи и панели, приложения за мобилно управление, датчици, таймери и други. Някои модели предлагат възможност за директно конфигуриране и настройка.

Елементи за управление и обслужване са: DALI дисплеи, сензорни панели, ключове и датчици за удобно и лесно обслужване и управление при многофункционален режим на работа. Директното управление се осъществява чрез ключове, бутони и релета.



Фиг. 34.1. Модули за управление

## 2. Изпълнителни модули (Фиг. 34.2.)

Те осигуряват директното изпълнение на получената по линията команда, управлявайки свързаните към тях крайни звена като лампи и други малки и по-големи консуматори. Такъв тип са захранванията, димерите, релетата, които могат да бъдат с вход за управление по DALI, PWM или с аналогови сигнали, например 1 - 10 V. Елементите за изпълнителните модули са:

- Фазови димери с три режима на работа: фазово регулиране за резистивни, капацитивни или индуктивни товари и универсален режим с автоматично разпознаване на товара.
- Релейни модули за управление през DALI на крайни устройства без DALI вход.
- Преобразуватели на сигнали - интерфейс за свързване на управляващи устройства без DALI вход и преобразуване на сигналите им в DALI.



Фиг. 34.2. Изпълнителни модули

## 3. Захранване и разширяване на DALI линията (Фиг. 34.3.)

Осигурява захранване за цял DALI кръг. Един DALI кръг включва до 64 стандартни DALI устройства с адрес.



Фиг. 34.3. Захранващи и разширителни модули

#### 4. Интерфейс (Фиг. 34.4.)

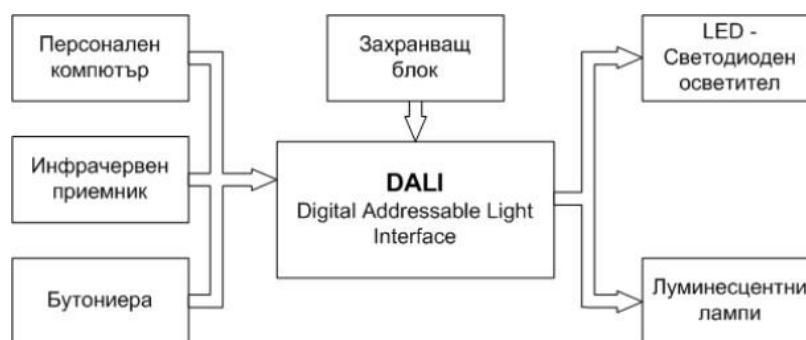
Модули за свързване на системи за адресиране, програмиране и управление на DALI кръгове и устройства.



Фиг. 34.4. Интерфейси

#### Принципна схема

Принципна схема на уредба с управляеми светлинни източници на базата на DALI-протокола е показана на (Фиг. 34.5).



Фиг. 34.5. Принципна схема на уредба с управляеми светлинни източници на базата на DALI

DALI концепцията за управление предлага три варианта за управление - поотделно, на групи или всички заедно. Индивидуалното адресиране дава възможност устройствата да бъдат управлявани поединично и едновременно с това да участват в няколко групи според зададената конфигурация. С разработените DALI команди функционалността се разширява значително.

Освен за димиране, включване и изключване (dim up, dim down, off, recall min., recall

max., go to scene 1-16, direct arcpower ...%) са предвидени и специализирани команди за регулиране на цвета и цветната температура.

Освен за димиране, включване и изключване (dim up, dim down, off, recall min., recall max., go to scene 1-16, direct arcpower ...%) са предвидени и специализирани команди за регулиране на цвета и цветната температура.

На разположение са готови макроси за конкретни приложения и опция за потребителски макроси с до 19 свободно зададени команди. Управлението може да бъде с ръчно подадени команди по избор на потребителя или автоматично при изпълнение на предварително определено условие.

### Примерна DALI система:



Фиг. 34.6. Принципна схема на DALI система

Моделите за ръчно управление са разнообразни - стандартни бутони, цветни дисплеи, сензорни панели, дистанционни устройства, приложения за мобилни устройства и др. Настройките на всеки бутон предлагат комбиниране на функция, управлявана зона и команди.

Автоматичният режим се реализира с управляващи устройства като сензори за движение, осветеност и температура, таймери с дневен и седмичен график, модули за стартиране на последователност от команди и други. В случая избрана команда се изпраща на зададен адрес при настъпване на определено събитие. Чрез настройките за управлявана зона, команди и условия за изпращането им се решават различни по сложност задачи при бюджетна

елементна база.

### **Въпроси и задачи**

**Задача 1.** Избройте елементите на изпълнителните модули на система DALI.

**Задача 2.** Дефинирайте предназначението на модула интерфейс.

**Задача 3.** Опишете елементите реализиращи автоматичен режим на управление.

## 35. Здравословни и безопасни условия на труд при обслужване и експлоатация на осветителни уредби

### Нормативно основание

Законодателството на ЕС в областта на здравословните и безопасни условия на труд (ЗБУТ) е от основно значение за защитата на здравето и безопасността на работниците в ЕС . Новата рамка за ЗБУТ за периода 2021 - 2027 г., обявена в плана за действие, определя ключовите приоритети и действия, необходими за подобряване на здравето и безопасността на работниците през идните години в контекста на свят след пандемията, белязан от екологичен цифров преход, икономически и демографски предизвикателства и променящата се представа за традиционна работна среда.

Йерархията на нормативните актове в българското законодателство в низходящ порядък е:

1. Конституция;
2. Законите;
3. Постановление на Министерския съвет;
4. Правилник;
5. Наредба;
6. Инструкция;

### Основни термини

**Здравословни и безопасни условия на труд** - условия на труд, които не водят до професионални болести и злополуки при работа и създават предпоставка за пълно физическо, психическо и социално благополучие на работещите лица.

**Вредни фактори за здравето и безопасността** - физически, химични, биологични, психологични, организационни и други въздействия, които влияят негативно или заплашват здравето и безопасността на работещите.

**Трудова злополука** - всички травматични увреждания, ако са довели до временна неработоспособност, инвалидност или смърт на работника, станали по време или по повод на извършваната от него работа, както и при всяка работа, извършена в интерес на предприятието, което е причинило неработоспособност или смърт.

**Работно оборудване** - всяка машина, апарат, инструмент, инсталация, устройство, уредба или съоръжение, използвани при работа.

**Работно място** - зона на трудова дейност на един или повече изпълнители, която се характеризира с еднакви условия на труд.

## Електрозлополуки при обслужване и експлоатация на осветителни уредби

### Причини:

1. Допир до тоководещи части;
2. Протичане на електрически ток в земята;
3. Електрическа дъга и искра( могат да предизвикат взрив или пожар);
4. Атмосферно електричество(пренапрежение) - преки попадения на мълнии или вторичните им прояви;
5. Статично електричество. Неправилно и опасно използване на удължители. Най-често това е свързано с полагането на кабелите на удължителите под килими, в близост или в контакт с нагрети повърхности, през отворите на врати и прозорци, използването на неподходящи за удължители кабели с твърди жила, прихванати към стената или пода, заместване на стационарни електрически инсталации с удължители, присъединяването на много контакти към един кабел.
6. Мократа или влажна повърхност-дейностите в мокри (влажни) помещения или на открито са свързани с повишена или особена опасност за поражение от електрически ток.

### Мерки за безопасност:

1. Проводниците и кабелите трябва да се инсталират скрито в стените, в изолационни тръби или под пода.
2. Абсолютно недопустимо е свободното и произволно прокарване на проводници без каквито и да е опори, увиснали, преплетени, изложени на допирания и настъпвания, защото много лесно могат да бъдат оголени.
3. Жълтозеленият проводник винаги трябва да се присъедини към защитната (нетоководяща) клема.
4. Електрическите табла да са монтирани в шкафове с постоянно заключени врати.

### Изисквания към излезлите от употреба луминесцентни лампи и ламписъдържащи живак

Забранено е изхвърлянето на излезли от употреба луминесцентни тръби в кофи или контейнери, както и тяхното чупене. Опасност може да настъпи при нарушаване целостта на лампите, при което живакът (живачните пари) и луминофорът могат да попаднат в околната среда. Излезлите от употреба луминесцентни тръби се събират и съхраняват във фабричната им опаковка в обособени пунктове по места. Площадките за временно съхранение на луминесцентни лампи трябва да са оборудвани със специален съд за събиране на счупените









газоразрядни лампи и със сяра на прах за неутрализация. Необходими са 2 гр. сяра за всеки килограм лампи.

### Фотобиологично въздействие на светлината върху човешкия организъм

Фотобиологичното въздействие на светлината върху човешкия организъм включва:

- Пулсациите(усещането за трептене) на светлинния поток на лампата;
- Заслепяването, което предизвикват лампите;
- Синята светлина, излъчвана от LED лампите и компактните луминесцентни лампи със студено-бяла светлина( $T_{цв} > 5000K$ ) ;

### Действие на електрическия ток върху човешкия организъм

Път на тока						
% от тока преминаващ през сърцето	3,3	6,7	3,7	0,4	6,8	7,0

Фиг. 35.1. Поражения от електрическия ток върху човешкия организъм (6)

От фигурата се вижда, че най-опасни са последните два случая - токът преминава през главен и гръбначен мозък. Действието на електрическия ток върху човешкия организъм се проявява по два начина:

**1. Общи физико-химични прояви** /електрокуцио/, при преминаване на електрическия ток през центровете на сърдечната и дихателната дейност и разстройство на техните функции. Директно увреждане на различни органи и системи:

- Нервна система - количествени изменения в съзнанието до пълна кома;
- Сърдечно съдова система - аритмии, камерни фибрилации, спиране на сърцето;
- Дихателна система - неравномерно дишане, спиране на дишането;

### 2. Местна проява на действието на електрическия ток - изгаряне

А) Неконтактни електрически изгаряния. При тях електрическия ток не преминава през тялото. Предизвикват се от:

- Електрическа искра от нисковолтов ток, поради неизправност на ел. уред. Засегнатият участък е обгорял и има различно по степен изгаряне;

➤ Волтова дъга от високоволтов ток. Изгарянето е с характеристика на пламаково. Често е съчетано с механична травма при падане от високо /стълб, вагон/;

**Б) Контактни електрически изгаряния.** Това са типичните електрически изгаряния. Електрическият ток преминава през тялото на пострадалия при допир с проводник. Има входно и изходно отвори /понякога повече от едно/. Наподобяват кратер образни рани с дълбоки некрози, с изгаряния на мускули, кости и стави. Пораженията на повърхността изглеждат леки, а в дълбочина са тежки. Чести са внезапните кръвоизливи предизвикани от разкъсване на кръвоносен съд.

### **Първа долекарска помощ при поражение от електрически ток**

1. Преди предприемане на спасителни действия, прекъснете електрическата верига. В случай, че е невъзможно да се прекъсне електрическата верига, използвайте изолиращи ръкавици и ботуши.

2. Ако пострадалият е в съзнание, направете стерилна превръзка и транспортирайте до най-близкото лечебно заведение.

3. Ако пострадалият е в безсъзнание, осигурете свободни дихателни пътища, контролирайте дишането и кръвообращението.

Обадете се на 112.

### **Въпроси и задачи**

**Задача 1.** Избрийте нормативната база за защитата на здравето и безопасността на работниците.

**Задача 2.** Дефинирайте понятието трудова злополука.

**Задача 3.** Опишете действието на електрическия ток върху човешкия организъм.

Тест № 4

проверка на усвоени знания

Раздел „Осветителни уредби“

Всеки верен отговор на въпроси № 2, № 3, се оценява с една точка.

Всеки верен отговор на въпроси № 1, № 5, № 7, № 9, се оценява с две точки. Всеки верен отговор на въпроси № 4, № 6, № 8, № 10, се оценява с четири точки.

Непълнен отговор се оценява с намален брой точки. При грешен отговор не се присъждат точки.

1. Избройте основните въздействия върху околната среда на осветителната уредба

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**2. Заземителна инсталация представлява съвкупност от заземители и заземяващи проводници.**

- а) вярно
- б) невярно

**3. Какво означава буквено означение РЕ.**

- а) Неутрален проводник
- б) Защитен проводник
- в) Комбинирана нула и защитно заземяване;

**4. Дефинирайте понятието зануляване.**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**5. Избройте видовете аварийно осветление**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**6. Опишете какво включва ежедневната проверка на изправността на аварийното осветление.**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**7. Опишете предназначението на осветлението на изложбени зали и музеи.**

.....

.....

.....

.....

.....

**8. Дефинирайте предимствата на DALI система за управление на осветлението.**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**9. Избройте причините за електрозлополуки при обслужване и експлоатация на осветителни уредби.**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**10. Опишете изискванията към излезлите от употреба луминесцентни лампи съдържащи живак.**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**КРИТЕРИИ ЗА ОЦЕНЯВАНЕ:**

- от 0 до 12 т. - Имате дефицит на знание. Проявете усърдие и прочетете отново материала.
- от 13 до 18 т. - Вашите знания са незадоволителни. Прочетете отново материала.
- от 19 до 22 т. - Справяте се добре. Попълнете пропуснатите знания.
- от 23 до 24 т. - Справяте се много добре.
- от 25 до 26 т. - Справяте се отлично.

## ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

1. Петков Л. 2008, Електроматериалознание и електрически инсталации с проектиране, София, изд. Техника
2. Цанков, П., С. Платиканов, 2013, Ръководство за лабораторни упражнения по осветителна и инсталационна техника, ТУ-Габрово, Университетско издателство “Васил Априлов“,
3. Василев Н.1974, Промислено осветление, София, изд. Техника
4. Ангелов Г.С. 2011, Записки по осветителна и инсталационна техника, Хасково,
5. Пачаманов А.2004. Електроснабдяване и осветителна техника, ТУ-София
6. Цанков П, Йовчев, Ангелов Г. 2020 г. Разработени материали от различни източници ТУ-Габрово
7. Правилник за безопасност и здраве при работа в електрически уредби на електрически и топлофикационни централи и по електрически мрежи
8. Богатев, К. и колектив, Наръчник по осветителна техника, том 1, 1977
9. Богатев, К. и колектив, Наръчник по осветителна техника, том 2, 1977
10. Богатев, К., Осветителна и инсталационна техника, 1972
11. Наредба №3 за устройството на електрически уредби и електропроводните линии
12. [https://bg.axiomfer-wiki.com/692633-ultraviolet-catastrophe-LBTQYE?fbclid=IwAR1cq60wYrAuGjIHdc\\_W3z6X2msigZuZYBrxe8NVOOrFrnaUUe\\_uBi3v-PKa8](https://bg.axiomfer-wiki.com/692633-ultraviolet-catastrophe-LBTQYE?fbclid=IwAR1cq60wYrAuGjIHdc_W3z6X2msigZuZYBrxe8NVOOrFrnaUUe_uBi3v-PKa8)
13. <https://optika.alle.bg/>
14. [https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=elplyn\\_zarivka&l=bg](https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=elplyn_zarivka&l=bg)
15. [http://web.uni-plovdiv.bg/viraneva/Lekcii\\_EMO\\_zadochno/](http://web.uni-plovdiv.bg/viraneva/Lekcii_EMO_zadochno/) лекции №14 и № 21
16. <https://www.ledwatcher.com/what-is-solar-lighting-and-what-are-its-advantages/>
17. <https://www.sepco-solarlighting.com/blog/what-is-solar-lighting>
18. <https://www.backyardboss.net/what-is-a-solar-light/>
19. <https://www.energy.gov/energysaver/outdoor-solar-lighting>
20. <https://www.engoplanet.com/single-post/2017/08/21/how-to-design-and-calculate-solar-street-light-system>
21. <https://www.engineering-review.bg/bg/avariino-i-evakuacionno-osvetlenie/2/612/>
22. <http://stroiteli.elmedia.net/smt/bg/2011>

23. <https://otgovori.info/avariyno-i-evakuatsionno-osvetlenie/>
24. <https://mgu.bg/wp-content/uploads/2021/10/kvvv2.pdf>
25. [https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE\\_%D0%B8%D0%B7%D0%BB%D1%8A%D1%87%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B5#/media/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:EM\\_spectrum.svg](https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE_%D0%B8%D0%B7%D0%BB%D1%8A%D1%87%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B5#/media/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:EM_spectrum.svg)
26. [https://nauka.offnews.bg/news/Fizika\\_14/Valna-Osnovni-formuli-i-zavisimosti-Difrakcija-i-interferentcija\\_487.html](https://nauka.offnews.bg/news/Fizika_14/Valna-Osnovni-formuli-i-zavisimosti-Difrakcija-i-interferentcija_487.html)
27. <https://mediabricks.bg/%D0%BC%D0%B0%D0%BA%D1%81-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%BA->
28. <https://remonti.bg/vidove-krushki-za-osvetlenie/>
29. <https://www.lampite.bg/statii/kakvi-vidove-cokli-ima-pri-iztochnicite-na-svetlina/>
30. <https://bg.best-diy-site.com/3341189->
31. <https://palexiev.wordpress.com/2015/06/12>
32. <https://bg.masinealati.rs/kak-da-svyrjete-led-kym-220v-verigi-greshki-nyuansi-videoklipove-6827>
33. <https://smartarena.bg/izbor-rgb-led-lenta/>
34. <https://bgledfactory.bg/blog-article/198/shema-za-svarzvane-na-led-panel-kam-elektricheskata-mrezha.html>
35. <https://quosub.tutkrabov.net/articles/svrzvane-na-svetodiodna-lenta-s-rcete-si.html>
36. <https://smartarena.bg/izbor-rgb-led-lenta/>
37. <http://bg.smartnewenergy.com/info/tips-to-connect-solar-panels-together-31281750.html>
38. [google.com/search?q=соларни+лампи+за+двор&rlz=1C1BNSD\\_enBG993BG993&sxsrf=APq-WBtizkdbW5N65g1C\\_nOi1PdpGGqkxw](https://www.google.com/search?q=соларни+лампи+за+двор&rlz=1C1BNSD_enBG993BG993&sxsrf=APq-WBtizkdbW5N65g1C_nOi1PdpGGqkxw)
39. [https://edu.uni-sz.bg/book/24.AF\\_Fizika%20s%20osnovi%20na%20biofizikata-StAtanasova/moit-6.12.html](https://edu.uni-sz.bg/book/24.AF_Fizika%20s%20osnovi%20na%20biofizikata-StAtanasova/moit-6.12.html)

40. <https://manualzz.com/doc/53427965/mastech-ms6612t-digital-light-meter-user-manual?fbclid=IwAR2RkcoU3eK3WjXONxvWhsAyXC9dwQEOMv12xSv-HVWrbGFIOG3uEKRwlo>
41. <https://brainly.in/question/13943479?fbclid=IwAR3PO5r5qwzo11s38YY9YyNiVV98DJ5FDeTnooThicRbS1LW-WUZIQHWfrY>
42. <https://bg.best-diy-site.com/4688921->
43. <https://bg.thewelcomeplace.net/24520-types-of-fluorescent-bulbs.html>
44. <https://top-home-tips.com/3637220-metal-halide-lamps-types-device-pros-and-cons-rules-of-choice>
45. [https://l.facebook.com/l.php?u=https%3A%2F%2Fwww.drive2.ru%2Fb%2F981666%2F%3Ffbclid%3DIwAR0vtAdmJXN8D8SOLNIQe\\_w1yNHu0nVHhXcL651MCwjpQF53lxRQmh8Tqf0&h=AT2DhllT7CYe6qKQQy2C8gPePdJbTsrGYzB5gBTDzVG3bHsEdJN6sv5Ofje1ft8qwnYqqhoAp-FGjkc96QPUGYLjSHGY6PzXrsLQ6hYzF1Sj4Nree8gyNfz7rIbjDcSjHo7iA](https://l.facebook.com/l.php?u=https%3A%2F%2Fwww.drive2.ru%2Fb%2F981666%2F%3Ffbclid%3DIwAR0vtAdmJXN8D8SOLNIQe_w1yNHu0nVHhXcL651MCwjpQF53lxRQmh8Tqf0&h=AT2DhllT7CYe6qKQQy2C8gPePdJbTsrGYzB5gBTDzVG3bHsEdJN6sv5Ofje1ft8qwnYqqhoAp-FGjkc96QPUGYLjSHGY6PzXrsLQ6hYzF1Sj4Nree8gyNfz7rIbjDcSjHo7iA)
46. [https://l.facebook.com/l.php?u=https%3A%2F%2Fwww.jasalistrik.com%2F2017%2F04%2Fcara-memperbaiki-lampu-led-yang-rusak.html%3Fm%3D1%26fbclid%3DIwAR0tESNCnOhjYrGwqTcZXR\\_2Zgc5zbiUqZd\\_ByySQiCmOWF2qL3u\\_qQCSqY&h=AT2DhllT7CYe6qKQQy2C8gPePdJbTsrGYzB5gBTDzVG3bHsEdJN6sv5Ofje1ft8qwnYqqhoAp-FGjkc96QPUGYLjSHGY6PzXrsLQ6hYzF1Sj4Nree8gyNfz7rIbjDcSjHo7iA](https://l.facebook.com/l.php?u=https%3A%2F%2Fwww.jasalistrik.com%2F2017%2F04%2Fcara-memperbaiki-lampu-led-yang-rusak.html%3Fm%3D1%26fbclid%3DIwAR0tESNCnOhjYrGwqTcZXR_2Zgc5zbiUqZd_ByySQiCmOWF2qL3u_qQCSqY&h=AT2DhllT7CYe6qKQQy2C8gPePdJbTsrGYzB5gBTDzVG3bHsEdJN6sv5Ofje1ft8qwnYqqhoAp-FGjkc96QPUGYLjSHGY6PzXrsLQ6hYzF1Sj4Nree8gyNfz7rIbjDcSjHo7iA)
47. <https://napravisam.net/?p=2564>
48. [https://www.directindustry.com/prod/gimatic/product-7115-1606036.html?fbclid=IwAR2G6GXrvh1-PfBATjEg2H\\_ZQUZIQ9Y1JTQIBop80wyXjAfDpk56vtReC\\_c](https://www.directindustry.com/prod/gimatic/product-7115-1606036.html?fbclid=IwAR2G6GXrvh1-PfBATjEg2H_ZQUZIQ9Y1JTQIBop80wyXjAfDpk56vtReC_c)
49. <http://xn--80acmmgj.com/materiali-i-konsumativi/230-datchik-ss-senzor-za-dvizhenie-mikrovlnov-360.html>
50. <https://napravisam.net/?p=17969&fbclid=IwAR2RkcoU3eK3WjXONxvWhsAyXC9dwQEOMv12xSv-HVWrbGFIOG3uEKRwlo>
51. [https://l.facebook.com/l.php?u=https%3A%2F%2Fwww.instructables.com%2FShed-12v-Solar-Lighting-System%2F%3Famp\\_page%3Dtrue%26fbclid%3DIwAR3awpJSaxoVJE\\_ifAEQ83eaiA0RqDKjExRpVLvv8rkS9VBvoZZ-xR08kqY&h=AT2DhllT7CYe6qKQQy2C8gPePdJbTsrGYzB5gBTDzVG3bHsEdJN6sv](https://l.facebook.com/l.php?u=https%3A%2F%2Fwww.instructables.com%2FShed-12v-Solar-Lighting-System%2F%3Famp_page%3Dtrue%26fbclid%3DIwAR3awpJSaxoVJE_ifAEQ83eaiA0RqDKjExRpVLvv8rkS9VBvoZZ-xR08kqY&h=AT2DhllT7CYe6qKQQy2C8gPePdJbTsrGYzB5gBTDzVG3bHsEdJN6sv)



- [5Ofje1ft8qwnYqqhoAp-FGjkc96QPUGYLjSHGY6PzXrsLQ6hYzF1Sj4Nree8gyNfz7rIbjDcSjHo7iA](#)
52. <https://www.myblog.bg/wp-content/uploads/2018/01/%D0%9A%D0%B0%D0%BA-%D0%B4%D0%B0-%D0%B8%D0%B7%D0%B1%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC-%D0%BD%D0%B0%D0%B9-%D0%B4%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B5-%D1%81%D0%BE%D0%BB%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%B8-%D0%BB%D0%B0%D0%BC%D0%BF%D0%B8-300x300.jpg>
  53. <https://lighting-bulgaria.com/product/505-50-mm-reflektori-za-malki-cob-svetiodi-mirella-g2-na-ledil>
  54. <https://peskiadmin.ru/bg/svetilniki-delyatsya-na-dva-tipa-svetilniki-hto-nuzhno-znat-o-klassifikacii-svetilnikov-svetiln.html>
  55. <https://bg.fartice.com/%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B5-%D0%BE%D1%81%D0%B2%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%B%D0%BD%D0%B8-%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%B0/>
  56. <https://www.beghelli.bg/promishleno-osvetlenie/>
  57. <https://www.engineering-review.bg/bg/energospeshtyavashto-osvetlenie-za-promishleni-prostranstva-s-visok-tavan/2/4662/>
  58. <https://bg.flipperworld.org/tech/svetiodioden-projektor-12-volta-vidove-harakteristiki-prilojeniya>
  59. <https://markomani.com/media/%D0%BB%D0%B0%D0%BC%D0%BF%D0%B8/led-%D0%BE%D1%81%D0%B2%D0%B5%D1%82%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5/led-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80/>
  60. <http://joiven-eshop.com/category/93/avariyno-i-evakuatsionno-osvetlenie.html>
  61. <https://www.elp.uk.com/wp-content/uploads/2014/07/LM-Pro-800px.jpg>
  62. <https://wqpwqp.blog.bg/hobi/2014/04/06/shema-za-avariino-osvetlenie.1254413>
  63. [http://eschemo.ru/vidyi-naznachenie-i-montazh-svetiodiodnogo-dyuralayta/?fbclid=IwAR2jg51fifVgAoCJT6xNGTB1BGMtmavA\\_PTcq8zwwg1OIK44w5GVx8AvujBk](http://eschemo.ru/vidyi-naznachenie-i-montazh-svetiodiodnogo-dyuralayta/?fbclid=IwAR2jg51fifVgAoCJT6xNGTB1BGMtmavA_PTcq8zwwg1OIK44w5GVx8AvujBk)
  64. <https://elektrikhelpp.com/bg/ground/earthing-system-earthing-systems-for-electrical->

[installations/?fbclid=IwAR2d2O\\_M950DXWmHKBZj9OzcremF6J5tUjcyeeEhWvZtp4WdxnLtZfEDNTk](#)

65. [https://elsvet.bg/page.php?sec\\_id=84&cat=84&obj\\_id=294&sub=0&parent=0&type=2&func=view\\_product&fbclid=IwAR3b7Q-7P3rtic4XHZnjQIWS7EIDRqr25CWlsFj1uICS31TRFTdqHaHzmbM](#)