

## Лекція №35

**Тема: Фотометрія. Закони освітленості. Світловий потік. Сила світла. Освітленість.**

### План заняття:

- 1 Фотометрія. Основні фотометричні величини
- 2 Закони освітленості.
- 3 Приклад розв'язання задач
- 4 Домашнє завдання

### Використана література:

1. Гончаренко С.У. Фізика: Підруч. для 10 кл. серед. загальноосв. шк..- К.: Освіта, 2002. – 319 с.
2. Гончаренко С.У. Фізика: Підруч. для 11 кл. серед. загальноосв. шк..- К.: Освіта, 2002. – 319 с.
3. К. Окслід, С. Паркер, Світ науки. – М.,1999.
4. Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов, Фізика для середніх спеціальних навчальних закладів. – М., Наука, 1981. Предмет фізики.
- 5 І.Є. Лопатинський, Курс фізики для інженерів.-Л.,Афіша, 2003.
- 6 І.П. Гаркуша, Збірник задач.-К.,Техніка,2003.

## Хід заняття

Дія світла може бути різною: від теплової, яка виявляється в нагріванні тіл, що поглинають світло, до електричної, хімічної та механічної. Таку дію світла уможливорює наявність у світла енергії, тому про енергетичні характеристики світла знати дуже важливо.

Різні дії світла лежать в основі роботи технічних пристроїв. Наприклад, системи охорони різноманітних об'єктів працюють на чутливих приймачах світла — фотоелементах. Тонкі пучки світла, що буквально пронизують простір навколо охоронюваного об'єкта, спрямовані на фотоелементи, і якщо перекрити один із таких променів, то фотоелемент перестане одержувати світлову енергію й негайно «повідомить» про це — пролунає сигнал тривоги.

Інші технічні пристрої здатні реагувати не тільки на факт наявності світлової енергії, але й на її кількість. Так, освітлення вулиць великих міст вмикається автоматично в момент, коли кількість одержуваної світлової енергії Сонця зменшується до певного значення. Робота подібних пристроїв зорієнтована на сприймання світла людським оком. Тому оче-видною є важливість розгляду енергетичних характеристик світла, що ґрунтуються на безпосередньому сприйманні світла оком — на зоровому відчутті.

### 1 Фотометрія. Основні фотометричні величини

*Фотометрія* – розділ оптики, в якому розглядається вимірювання енергії, що переноситься електромагнітними світловими хвилями.

*Фотометрія* – розділ фізики, в якому вивчаються величини, що характеризують електромагнітне випромінювання та техніка його вимірювання.

Фотометрію поділяють: на «об'єктивну» фотометрію (оперує поняттями енергії, потужності та потоку енергії і застосовна до будь-яких хвиль) та на «суб'єктивну» фотометрію ( оперує величинами, котрі спираються на характер сприймання світла оком людини). Людське око може сприймати електромагнітні хвилі довжиною  $\lambda$  від 0,38 до 0,76 мкм і найчутливіше до зелених променів ( $\lambda=0,556$  мкм).

В фотометрії використовують *енергетичні* і *світлові* величини.

*Енергетичні* – характеризують енергетичні параметри оптичного випромінювання безвідносно до його дії на приймачі випромінювання.

*Світлові* – характеризують фізіологічні дії світла і оцінюються по дії на око або на інші приймачі випромінювання.

Основні величини фотометрії: *Світловий потік ( $\Phi$ )* – кількість світлової енергії, що проходить через деяку поверхню за одиницю часу.

## СВІТЛОВИЙ ПОТІК

Світловий потік – це та частина світлової енергії, що визиває зорове відчуття.

$$\Phi = \frac{W}{t}$$

де  $\Phi$  – світловий потік,  $W$  – світлова енергія,  $t$  – час падіння.

За одиницю світлового потоку взято люмен (лм)  
(від латин. lumen – світло)



Світловий потік вимірюється в СІ – люмен –  $1\text{лм} = 1\text{кд} \cdot 1\text{ср}$ .

1кд – кандела

1ср – стерadian.

Співвідношення між (лм) та (Вт) визначається так: ідеально ефективний перетворювач електроенергії у світло потужністю 1 Вт створює на довжині хвилі 550нм (зелене світло) світловий потік, котрий сприймається нашим оком і оцінюється у 650 люменів. На іншій довжині хвилі його потік буде менший у стільки разів, у скільки чутливість ока до цієї хвилі буде меншою, ніж до зеленого світла.

Повний світловий потік дорівнює:  $\Phi_0 = 4\pi I$

*Сила світла* ( $I$ ) – величина, що визначається світловим потоком  $\Phi$ , який випромінюється в простір у межах тілесного кута в  $4\pi$  стерadianів:

$$I = \frac{\Phi}{4\pi} \Rightarrow \frac{\Delta\Phi}{\Delta\Omega}$$

Де  $\Delta\Phi$  – потік, який випромінюється в межах тілесного кута  $\Delta\Omega$ .

Сила світла вимірюється в СІ – кандела – кд.

*Джерелом світла* вважатимемо тіла, котрі випромінюють електромагнітні хвилі оптичного діапазону (видимі, інфрачервоні та ультрафіолетові промені). Місяць не є справжнім джерелом світла, оскільки його свічення зумовлене відбиванням сонячного випромінювання.

Класифікація джерел світла

Джерела світла поділяють:

1. по розміру на:
  - точкові;
  - протяжні (неточкові);
2. по кольору свічення на:
  - монохроматичні (одноколірні);

- немонохроматичні (білі, багатоколірні);
- 3. по способу реалізації (створення) світіння на:
  - теплові (дуже нагріті);
  - нетеплові (холодні як світні бактерії, світлячки та газорозрядні лампи);
- 4. по виду випромінюваних хвиль на:
  - когерентні (наприклад, лазери);
  - некогерентні ( усі інші джерела);
- 5. по характеристиках їх конструктора на:
  - природні (Сонце, зорі, галактики...);
  - штучні ( створені людиною).

*Точковим джерелом світла* називають джерело, лінійні розміри якого значно менші, ніж відстань від нього до точки спостереження.

Якщо точкове джерело випромінює потік рівномірно по всіх напрямках, то таке джерело називають *ізотропним*.

Тілесним кутом ( $\Delta\Omega$ ) визначається відношення площі  $\Delta S$  поверхні сегмента кулі до квадрата радіуса сфери:

$$\Delta\Omega = \frac{\Delta S}{r^2};$$

омега [ $\Omega$ ]=1стерадіан (ср).

Джерело світла характеризується певним оптичним ККД, котрий називається світловіддачею  $\eta$ :

$$\eta = \Phi/N_o \quad [\eta] = \text{лм/Вт.}$$

У лампах денного світла цей коефіцієнт складає  $\eta \approx 60\text{-}75 \text{ лм/Вт.}$

Слід намагатись використовувати джерела світла із найвищим  $\eta$ .

*Освітленість* ( $E$ ) – величина, яка вимірюється світловим потоком, що падає на одиницю площі освітленої поверхні:



Освітленість вимірюється в СІ – люкс – 1лк.

*Освітленість* — це величина, яка показує, скільки світла потрапляє на одиницю площі поверхні (характеризує поверхню, що освітлюється). За

нормативними вимогами освітленість шкільної парти має бути не меншою, ніж 150 лк, освітленість книжкової сторінки має бути не меншою, ніж 100 лк (приблизно таку освітленість дає лампа розжарювання потужністю 60 Вт, розташована на відстані близько 70 см від книжки, коли промені перпендикулярні до сторінки).

Для вимірювання освітленості використовують спеціальні прилади, які називають люксметрами.



Світлочутливим елементом таких приладів є фотоеlement. У разі віддалення від джерела освітленість зменшується. Розрахунки й досліди показують, що для точкового джерела (такого, що випромінює світло однаково в усіх напрямках і розмірами якого можна знехтувати) освітленість  $E$  прямо пропорційна силі світла  $I$  джерела світла й обернено пропорційна квадратові відстані  $R$  до джерела:  $E = I/R^2$ .

Ця формула справедлива за умови, що світло на поверхню падає перпендикулярно. Дане співвідношення було встановлено на початку XVII ст. німецьким фізиком і астрономом Йоганном Кеплером. У справедливості наведеного співвідношення легко переконатися, розглянувши так звану «світлову піраміду» із джерелом світла в її вершині. Експериментально встановлено, що освітленість є прямо пропорційною силі світла джерела.

$$\text{Світлимість (R)} \qquad R = \frac{\Phi}{S}$$

$$\text{одиниці вимірювання } [R] = \frac{\text{лм}}{\text{м}^2}.$$

Світністю називають величину, котра дорівнює світловому потоку  $\Phi$ , випромінюваному одиницею поверхні, що світиться:

$R$  визначає потік, що віддається джерелом.

$$\text{Енергетична світлість } (R_e = \frac{\Phi_e}{S}); \text{ одиниці вимірювання } \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

*Світловий потік* — це фізична величина, яка чисельно дорівнює кількості оцінюваної за зоровим відчуттям світлової енергії, що падає на поверхню за одиницю часу.

$$\text{Потік випромінювання } \Phi_e = \frac{W}{t} \text{ одиниці вимірювання Вт.}$$

де  $W$  — оцінювана за зоровим відчуттям світлова енергія, що падає на певну поверхню;  $t$  — час падіння світлової енергії на ту поверхню.

Енергетична сила світла  $I_e = \frac{\Phi_e}{\omega}$ , де  $\omega$  - тілесний кут; одиниці вимірювання  $\frac{Вт}{ср}$

Енергетична освітленість ( $E_e$ ); одиниці вимірювання  $\frac{Вт}{м^2}$ .

## 2 Закони освітленості

Закони фотометрії важливо враховувати для збереження власного зору. Слід уникати потрапляння до очей сильного прямого світла, дуже різкого контрасту між сусідніми поверхнями.

Закони фотометрії дозволяють пояснити багато явищ. Наприклад, легко зрозуміти, чому на поверхні близьких до Сонця планет висока температура, а на далеких планетах — низька.

Зміну пір року пояснюють тим, що взимку сонячні промені навіть опівдні падають не згори, а під досить великим кутом до вертикалі. За такого кута падіння вони «світять, але не гріють».

### Перший закон освітленості:

Освітленість поверхні прямо пропорційна силі світла джерела і обернена пропорційна квадрату його відстані від поверхні:

$$E = \frac{\Phi}{S} \Rightarrow \frac{I}{r^2}$$

### Другий закон освітленості:

Освітленість поверхні паралельним світловим пучком прямо пропорційна косинусу кута падіння променів:

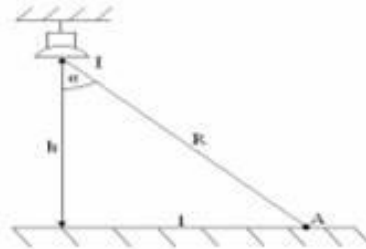
$$E = E_0 \cos \alpha \Rightarrow \frac{I}{r^2} \cos \alpha.$$

### 3 Розв'язання задач

#### Задача №1

На стовпі заввишки 6м висить лампа 400 кд. Обчислити освітленість на відстані 8м від основи стовпа.

Дано:  
 $I=400 \text{ кд}$   
 $h=6 \text{ м}$   
 $l=8 \text{ м}$   
 $E=?$



Розв'язання:

Із закону освітленості визначимо E:

$$E = \frac{I}{R^2} \cos \alpha, \quad R = \sqrt{h^2 + l^2}$$

$$\cos \alpha = \frac{h}{R}$$

$$E = \frac{I \cdot h}{(h^2 + l^2) R} = \frac{400 \cdot 6}{(36 + 64) 10} = 2,4 \text{ лк}$$

Відповідь:  $E=2,4 \text{ лк}$ .

#### Задача №2

Дано:

$$S = 1,5 \text{ м}^2$$

$$r = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

$$\Phi = 10 \text{ лм}$$

$$\Omega=?$$

$$I=?$$

Розв'язання:

Тілесний кут знайдемо за формулою:  $\Omega = \frac{S}{r^2}$

$$\text{А силу світла: } I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

Обчислення:

$$\Omega = \frac{1,5}{0,1^2} = 150 \text{ ср}$$

$$I = \frac{10}{150} = 0,06 \text{ Вт/ср.}$$

Відповідь:  $\Omega = 150 \text{ ср};$   
 $I = 0,06 \text{ Вт/ср.}$

#### Задача №3

Дано:

$$S = 2 \text{ м}^2$$

$$I = 200 \text{ кд}$$

$$\Delta \Omega = 1 \text{ ср}$$

$$\Phi=?$$

Розв'язання:

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \Rightarrow \Phi = I \cdot \Omega$$

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

Обчислення:

$$\Phi = 200 \cdot 1 = 200 \text{ лм}$$

Е -?

$$E=200/2=100\text{лк.}$$

Відповідь:  $\Phi=200\text{лм};$   
 $E=100\text{лк.}$

### **3 Домашнє завдання:**

Дати відповіді письмово на питання:

- 1.Що вивчає фотометрія?
- 2.Які величини використовують у фотометрії?
- 3.Що називають точковим джерелом світла?
4. Чому взимку Сонце світить, але не гріє?

### **Розв'язати задачу у зошиті:**

Точкове джерело світла на відстані 5 м створює максимальну освітленість 8 лк. Визначте силу світла джерела. ( $I=200\text{ кд}$ )