

## § 18. ФОТОМЕТРІЯ. СВІТЛОВИЙ ПОТІК. СИЛА СВІТЛА

■ Ви всі знаєте, що без темних окулярів неможливо дивитися на полуденне сонце. Водночас ми можемо довго милуватися зоряним небом, і це не викликає жодних неприємних відчуттів. Чому це так? Відповісти на ці питання нам допоможе фотометрія (від грец. *fotos* — світло).

**Фотометрія** — розділ оптики, у якому розглядаються енергетичні характеристики світла в процесах його випромінювання, поширення та взаємодії із середовищем.

### **Переконуємося в необхідності вивчення енергетичних характеристик світла**

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



**Рис. 3.7.** У сучасних охоронних системах використовуються чутливі фотоелементи

(рис. 3.7), 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 (рис. 3.8) вмикається автоматично в момент, коли кількість одержуваної світлової енергії Сонця зменшується до певного значення. Робота подібних пристроїв зорієнтована на сприймання світла людським оком. Тому очевидно є важливість розгляду енергетичних характеристик світла, що ґрунтуються на безпосередньому сприйманні світла оком — на *зоровому відчутті*.



## Вчимося розрізняти світловий потік і силу світла

*Зорові відчуття* є дуже суб'єктивними. Як їх оцінити? Ваша мама кличе вас увечері: «Іди додому, уже темно!» А вам здається, що для ігор ще досить світла. Крім того, чутливість ока до світла *різного кольору* дуже різна. Так, зорові відчуття від зеленого кольору в ока приблизно в сто разів сильніші, ніж від червоного (наприклад, зелену лампу око сприймає як більш потужну, ніж червону, за однакової потужності обох ламп).

Щоб усе це з'ясувати, учені провели сотні дослідів і встановили *середні характеристики зорових відчуттів людини*. На цій базі створено прилади, здатні вимірювати фізичні величини, які характеризують зорові відчуття. Одну з таких величин називають *світловим потоком*.

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

Світловий потік позначається символом  $\Phi$  та обчислюється за формулою:

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

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



**Рис. 3.8.** Зовнішнє освітлення у великих містах умикається автоматично тільки в темну пору доби

За одиницю світлового потоку взято люмен (лм) (від латин. *lumen* — світло). Виявилося, наприклад, що світловий потік від зоряного неба, який падає на сітківку ока, — близько 0,000000001 лм, світловий потік від полуденного сонця — 8 лм. Саме тому ми не можемо дивитися на яскраве сонце неозброєним оком.

У повсякденному житті як джерела світла дуже часто застосовують електричні лампи розжарювання, що відрізняються одна від одної *потужністю* (позначається  $P$  і вимірюється у ватах, Вт). Для характеристики повного світлового потоку деяких ламп розжарювання наводимо відповідну таблицю:

Потужність лампи $P$ , Вт	Повний світловий потік $\Phi$ , лм	Потужність лампи $P$ , Вт	Повний світловий потік $\Phi$ , лм
15	127	100	1275
40	377	500	8725
60	645	1000	19 000

Світловий потік створюється джерелом світла. *Фізична величина, що характеризує світіння джерела світла в певному напрямку, називається силою світла.*

Якщо джерело випромінює видиме світло рівномірно в усі боки, то сила світла обчислюється за формулою:

$$I = \frac{\Phi}{4\pi},$$

де  $\Phi$  — повний світловий потік, що його випускає джерело;  $\pi$  — стала величина, яка приблизно дорівнює 3,14.

За одиницю сили світла в Міжнародній системі одиниць (СІ) взято **канделу** (кд) (від латин. *candela* — свічка). *Кандела — одна з основних одиниць СІ.*

### 3 Вчимося розв'язувати задачі

**Задача.** Обчисліть повний світловий потік, що його випромінює лампа розжарювання, сила світла якої дорівнює 30 кд. Визначте потужність лампи.

Дано: $I = 30$ кд	Аналіз фізичної проблеми Вважаємо, що лампа випромінює світло рівномірно в усі боки, адже повний світловий потік ми маємо знайти з формули для сили світла. Потужність, яку споживає лампа, визначимо за таблицею.
$\Phi$ — ? $P$ — ?	Пошук математичної моделі, розв'язання та аналіз результатів Скористаємося формулою $I = \frac{\Phi}{4\pi}$ , звідки $\Phi = 4\pi I$ . Визначимо значення шуканої величини: $\Phi = 4 \cdot 3,14 \cdot 30 = 376,8$ (лм). Проаналізуємо результат: скориставшись таблицею, виявимо, що світловий потік $376,8$ лм $\approx 377$ лм випромінює лампа потужністю 40 Вт. Відповідь: $\Phi = 376,8$ лм, $P = 40$ Вт.



**ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ**

Розділ оптики, у якому розглядаються енергетичні характеристики світла в процесі його випускання, поширення та взаємодії із середовищем, називається фотометрією.

Світлове випромінювання джерела характеризується світловим потоком і силою світла.

Фізична величина, що чисельно дорівнює кількості оцінюваної за зоровим відчуттям світлової енергії  $W$ , яка падає на поверхню за одиницю часу  $t$ , називається світловим потоком ( $\Phi$ ). Світловий потік вимірюється в люменах (лм).

Фізична величина, що характеризує світіння джерела світла в певному напрямку, називається силою світла ( $I$ ). Одиниця сили світла — кандела (кд), одна із семи основних величин СІ.

**Контрольні запитання**

1. Наведіть приклади технічних пристроїв, що реагують на надходження світлової енергії.
2. Що називають світловим потоком? У яких одиницях він вимірюється?
3. До світла якого кольору — зеленого чи червоного — чутливість ока є вищою?
4. За якою формулою визначають силу світла? У яких одиницях вона вимірюється?

**Вправи**

1. Сила світла точкового джерела становить 100 кд. Визначте повний світловий потік, що його випускає це джерело.
2. Повний світловий потік електричної лампи дорівнює 1884 лм. Визначте силу світла цього джерела.
3. Чому вдень важко роздивитися зовнішній простір неосвітленої кімнати крізь вікно, не наближаючи обличчя впритул до скла?
4. Припустімо, що від червоного й зеленого сигналів світлофора на сітківку ока падає приблизно однаковий світловий потік. Чи однакової потужності лампи встановлені у світлофорі? Якщо ні, то потужність якої лампи більша — зеленої чи червоної?