

§ 19. ОСВІТЛЕНІСТЬ

■ Пригадайте свої відчуття, коли ви заходили в темне приміщення. Стає дещо не по собі, адже нічого не видно навколо... Але варто увімкнути ліхтарик — і близько розташовані предмети стають добре помітними. Ті ж, що є десь далі, можна ледве розрізнити за контурами. У таких випадках кажуть, що предмети по-різному освітлені. З'ясуймо, що таке освітленість і від чого вона залежить.

1

Визначаємо освітленість

Від будь-якого джерела світла поширюється світловий потік. Чим більший світловий потік упаде на поверхню того чи іншого тіла, тим краще його видно.

Фізична величина, яка чисельно дорівнює світловому потоку, що падає на одиницю освітленої поверхні, називається **освітленістю**.

Освітленість позначається символом E та визначається за формулою:

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

де Φ — світловий потік; S — площа поверхні, на яку падає світловий потік.

У СІ за одиницю освітленості взято люкс (лк) (від латин. *lux* — світло).

Один люкс — це освітленість такої поверхні, на один квадратний метр якої падає світловий потік, що дорівнює одному люмену:

$$1 \text{ лк} = \frac{1 \text{ лм}}{1 \text{ м}^2}.$$

Наводимо деякі значення освітленості поверхні (поблизу землі).

Освітленість E :

- сонячним промінням опівдні (на середніх широтах) — 100 000 лк;
- сонячним промінням на відкритому місці в похмурий день — 1000 лк;
- сонячним промінням у світлій кімнаті (поблизу вікна) — 100 лк;
- на вулиці при штучному освітленні — до 4 лк;
- від повного місяця — 0,2 лк;
- від зоряного неба в безмісячну ніч — 0,0003 лк.

2

З'ясовуємо, від чого залежить освітленість

Мабуть, усі ви бачили шпигунські фільми. Уявіть: який-небудь герой при світлі слабкого кишенькового ліхтарика уважно переглядає документи в пошуках необхідних «секретних даних». Узагалі, щоб читати, не напружуючи очей, потрібна освітленість, не менша від 30 лк (див. наприклад, рис. 3.9), а це чимало. І як наш герой домагається такої освітленості?

По-перше, він підносить ліхтарик якнайближче до документа, який переглядає. Отже, **освітленість залежить від відстані від джерела світла до освітлюваного предмета**.



Рис. 3.9. Щоб прочитати досить дрібний шрифт, слід збільшити освітленість сторінки

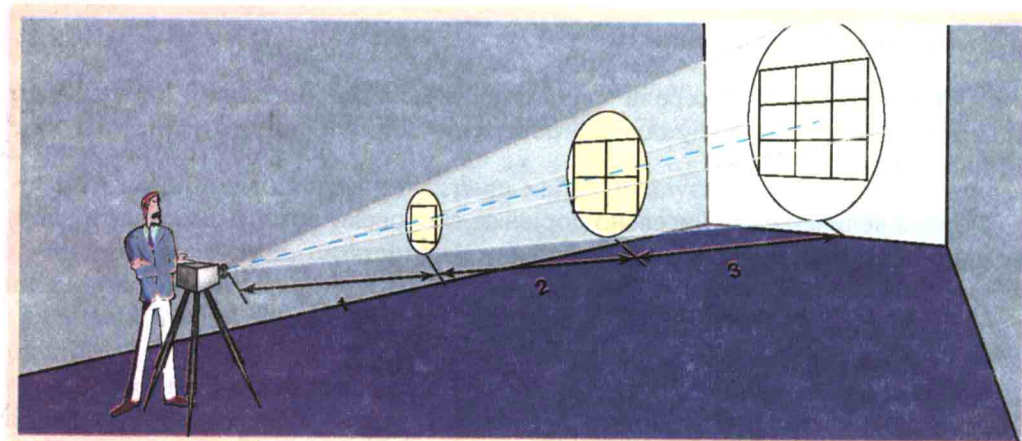


Рис. 3.10. У разі збільшення відстані до джерела світла площа освітленої поверхні збільшується

По-друге, він розташовує ліхтарик перпендикулярно до поверхні документа, а це означає, що *освітленість залежить від кута, під яким світло падає на поверхню*.

І нарешті, для кращого освітлення він просто може взяти потужніший ліхтарик, бо очевидно, що зі збільшенням сили світла джерела збільшується освітленість.

З'ясуємо, як змінюється освітленість у разі збільшення відстані від точкового джерела світла до освітлюваної поверхні. Нехай, наприклад, світловий потік від точкового джерела падає на квадратний екран, розташований на певній відстані від джерела. Якщо збільшити відстань удвічі, можна помітити, що той самий світловий потік освітлюватиме в 4 рази більшу площу. Оскільки $E = \frac{\Phi}{S}$, то освітленість у цьому випадку зменшиться в 4 рази. Якщо збільшити відстань у 3 рази, освітленість зменшиться в $9 = 3^2$ разів. Тобто *освітленість є обернено пропорційною квадрату відстані від точкового джерела світла до поверхні* (рис. 3.10).

Якщо пучок світла падає перпендикулярно до поверхні, то світловий потік розподіляється на мінімальній площі. У разі збільшення кута падіння світла збільшується площа, на яку падає світловий потік, тому *освітленість зменшується* (рис. 3.11). Ми вже говорили, що в разі збільшення сили світла джерела освітленість збільшується. Експериментально встановлено, що *освітленість є прямо пропорційною силі світла джерела*.

(Освітленість зменшується, якщо в повітрі є часточки пилу, туману, диму, бо вони відбивають і розсіюють певну частину світлової енергії.)

Якщо поверхня розташована перпендикулярно до напрямку поширення світла від точкового джерела і світло поширюється в чистому повітрі, то освітленість можна визначити за формулою:

$$E = \frac{I}{R^2},$$

де I — сила світла джерела, R — відстань від джерела світла до поверхні.

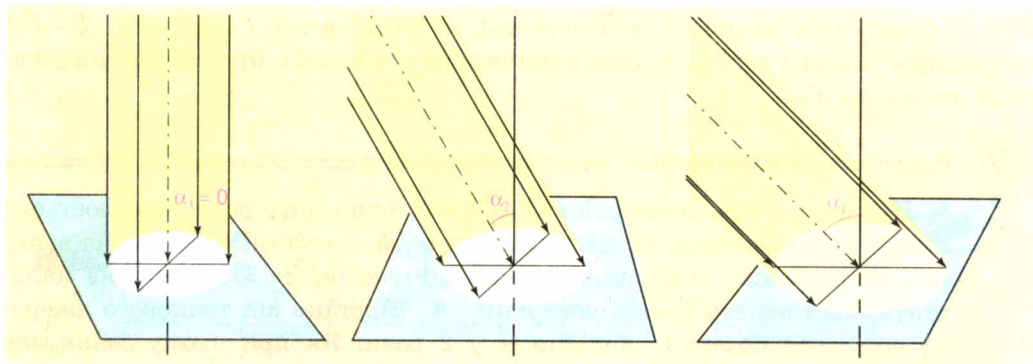


Рис. 3.11. У разі збільшення кута падіння α паралельних променів на поверхню зменшується освітленість цієї поверхні, оскільки падаючий світловий потік розподіляється по все більшій площі поверхні

3 Вчимося розв'язувати задачі

Стіл освітлений лампою, розташованою на висоті 1,2 м прямо над столом. Визначте освітленість столу безпосередньо під лампою, якщо повний світловий потік лампи становить 750 лм. Лампу вважайте точковим джерелом світла.

Дано:
 $\Phi = 750$ лм
 $R = 1,2$ м

$E = ?$

Аналіз фізичної проблеми, пошук математичної моделі

Оскільки джерело світла вважаємо точковим і стіл розташований перпендикулярно до напрямку поширення світла,

то можемо скористатися формулою $E = \frac{I}{R^2}$ (1). Лампа поширює світло в усі боки рівномірно, тому $I = \frac{\Phi}{4\pi}$ (2).

Розв'язання та аналіз результатів

Підставивши формулу (2) у формулу (1), знайдемо:

$E = \frac{\Phi}{4\pi} : R^2 = \frac{\Phi}{4\pi R^2}$. Визначимо значення шуканої величини:

$$E = \frac{750}{4 \cdot 3,14 \cdot 1,44} = 41,5 \text{ (лк)}.$$

Аналіз результатів: отримане значення освітленості

$E = 41,5$ лк є цілком реальним.

Відповідь: $E = 41,5$ лк.

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ

Фізична величина, яка чисельно дорівнює світловому потоку Φ , що падає на одиницю освітлюваної поверхні S , називається освітленістю (E):

$E = \frac{\Phi}{S}$. У СІ за одиницю освітленості взято люкс (лк).

Освітленість поверхні E залежить: а) від відстані R до освітлюваної поверхні ($E \sim \frac{1}{R^2}$); б) кута, під яким світло падає на поверхню (чим менший

кут падіння, тим вищою є освітленість); в) сили світла I джерела ($E \sim I$); г) прозорості середовища, у якому поширюється світло, проходячи від джерела до поверхні.



Контрольні запитання

1. Що називають освітленістю? У яких одиницях вона вимірюється?
2. Чи можна читати, не напружуючи очей, у світлій кімнаті? на вулиці при штучному освітленні? при повному місяці? 3. Як можна збільшити освітленість певної поверхні? 4. Відстань від точкового джерела світла до поверхні збільшили у 2 рази. Як при цьому змінилась освітленість поверхні? 5. Чи залежить освітленість поверхні від сили світла джерела, що освітлює цю поверхню? Якщо залежить, то як?



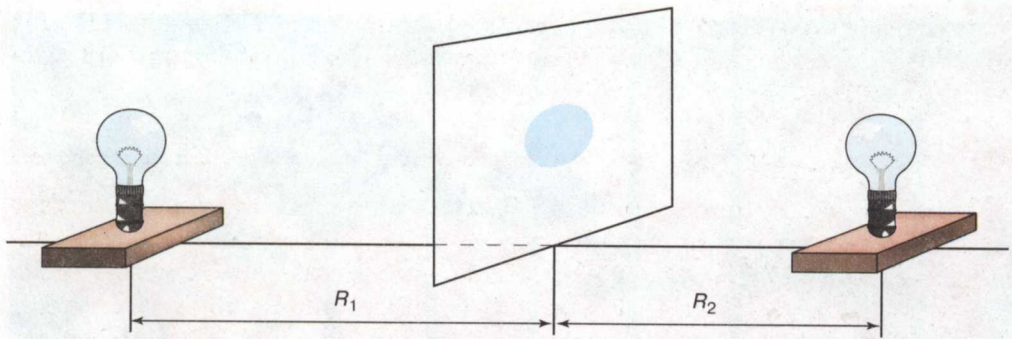
Вправи

1. Чому освітленість горизонтальних поверхонь опівдні є більшою, ніж уранці та ввечері?
2. Відомо, що освітленість від декількох джерел дорівнює сумі освітленостей від кожного з цих джерел окремо. Наведіть приклади застосування цього правила на практиці.
3. Після вивчення теми «Освітленість» семикласники вирішили збільшити освітленість свого робочого місця:
 - Петрик замінив лампочку у своїй настільній лампі на лампочку більшої потужності;
 - Наталка поставила ще одну настільну лампу;
 - Антон підняв люстру, що висіла над його столом, вище;
 - Юрко розташував настільну лампу таким чином, що світло почало падати практично перпендикулярно до столу.
 Які з учнів зробили правильно? Обґрунтуйте відповідь.
4. У ясний полудень освітленість поверхні Землі під прямими сонячними променями становить 100 000 лк. Визначте світловий потік, що падає на ділянку площею 100 см².
5. Визначте освітленість від електричної лампочки потужністю 60 Вт, розташованої на відстані 2 м. Чи досить цієї освітленості для читання книжки?
6. Дві лампочки, поставлені поряд, освітлюють екран. Відстань від лампочок до екрана 1 м. Одну лампочку вимкнули. На скільки потрібно наблизити екран, щоб його освітленість не змінилась?



Експериментальне завдання

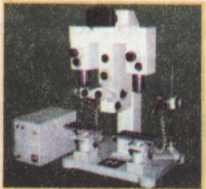
Для вимірювання сили світла використовують прилади, що називаються *фотометрами*. Виготовте найпростіший аналог фотометра. Для цього візьміть білий аркуш (екран) і поставте на ньому масну пляму (наприклад, олією). Закріпіть аркуш вертикально й освітіть його з двох боків різними джерелами світла (S_1, S_2) (див. рисунок). (Світло від джерел має падати



перпендикулярно до поверхні аркуша.) Повільно пересуваючи одне з джерел, зробіть так, щоб пляма стала практично невидимою. Це станеться, коли освітленість плями з одного й другого боку буде однаковою. Тобто $E_1 = E_2$.

Оскільки $E = \frac{I}{R^2}$, то $\frac{I_1}{R_1^2} = \frac{I_2}{R_2^2}$. Виміряйте відстань від першого джерела до екрана (R_1) і відстань від другого джерела до екрана (R_2). Порівняйте, у скільки разів сила світла першого джерела відрізняється від сили світла другого джерела: $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2}$.

Фізика та техніка в Україні



Науково-виробничий комплекс «Фотоприлад» (м. Черкаси)

Сфера діяльності підприємства — розроблення й виробництво приладів точної механіки, *оптоелектроніки* та *оптомеханіки* різноманітного призначення, *медичної* та *криміналістичної* техніки, побутових товарів, офісних годинників представницького класу.

НВК «Фотоприлад» розробляє та випускає перископічні приціли для різноманітних артилерійських установок, гірокомпаси, гіроскопи, оптико-електронну апаратуру для вертольотів, бронетехніки, а також широкий спектр оптичного обладнання та приладів різного призначення.