

## У НОМЕРІ:

<b>Читаємо редакційні матеріали</b>	
<b>Гришина І. І.</b>	
Наш 2017 .....	3
<b>Досліджуємо таємниці природи</b>	
<b>Фейгін О. О.</b>	
Космічні сценарії погодних аномалій. Глобальні кліматичні катастрофи минулого й майбутнього ....	5
<b>Опановуємо компетентнісний підхід</b>	
<b>Яценко І. П.</b>	
Компетентісно орієнтовані завдання на уроках фізики .....	11
<b>Обмінюємося досвідом</b>	
<b>Вишневецька О. О.</b>	
Розвиток креативного мислення через розв'язання якісних задач .....	15
<b>Калько Л. М.</b>	
Інтернет-сервіси в освітньому просторі .....	17
<b>Гриненко С. В.</b>	
Використання фізичних диктантів на уроках фізики .....	20
<b>Новини науки і техніки</b> ..... 19, 26, 41, 45, 56, Е-10, Е-13	
<b>Проводимо контроль знань</b>	
<b>Якуша Л. Г.</b>	
Тести для контрольних робіт. 7 клас .....	27
<b>Малько В. В.</b>	
Контрольні роботи. II семестр. 8 клас .....	32
<b>Кіркоро М. В.</b>	
Кінетична й потенціальна енергія. Контрольна робота. 10 клас .....	34
<b>Готуємося до сучасного уроку</b>	
<b>Курилюк Н. В.</b>	
Сила тяжіння. Вага тіла й невагомість. 7 клас .....	36
<b>Школьна Р. М.</b>	
Тертя. Сила тертя. 7 клас .....	39
<b>Гаркуша О. І.</b>	
Тиск. Сила тиску. 7 клас .....	42
<b>Куліш Н. І.</b>	
Атмосферний тиск. Барометри. 7 клас .....	46
<b>Осійчук П. М.</b>	
Потенціальна енергія. 10 клас .....	50
<b>Шахов О. Г.</b>	
Математичний маятник. Період коливаний математичного маятника. 10 клас .....	54
<b>Це цікаво</b> .....	41, 53
<b>Вибудовуємо нестандартний урок</b>	
<b>Кузьма Л. В.</b>	
Хвильові властивості світла. Око як оптична система. 11 клас .....	57
<b>Проводимо фізичний експеримент</b>	
<b>Хляпова І. О., Крамаренко Н. В.</b>	
Лабораторні роботи. 7 клас .....	61

Див. с. 2 >>>

Фізика — це наука, яка відповідає на запитання «чому?».  
Ричард Фейнман

НАУКОВО-МЕТОДИЧНИЙ ЖУРНАЛ



ЗА СПІРІЯННЯ МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ■ Учасник проекту: Фізико-математичний ліцей № 27 м. Харкова ■

№ 1-2 (341-342) січень 2018 р. ■ Заснований у серпні 2003 р. ■ Виходить двічі на місяць ■ 08417, 95936, 08418, 37058 ■

Передплатні індекси

## ТЛУМАЧНИЙ СЛОВНИК ІЗ ФІЗИКИ ВІД «А» ДО «Я» Розділ VI. Оптика\*

М. Г. Александров, М. П. Пугач, І. О. Руда, К. М. Стрюк, м. Харків

Фотометричні одиниці — наведені в таблиці в СІ.

Фотометричні одиниці

Величина	Символ	Формула	Величина СІ	Скорочення	Примітка
Світлова енергія	$Q_v$	$Q = \Phi t$ , $t$ — час	люмен · секунда	лм · с	Іноді цю одиницю називають тальботом
Світловий потік	$\Phi$	$\Phi = 4\pi I$	Люмен = = кд · ср	лм	—
Сила світла	$I_v$	$I = \frac{\Phi}{4\pi}$	кандела = $\frac{\text{лм}}{\text{ср}}$	кд	—
Яскравість	$B$	$B = \frac{I}{A}$ , $A$ — площа поверхні, що світиться	ніт = $\frac{\text{кд}}{\text{м}^2}$	ніт	—
Освітленість	$E_v$	$E = \frac{\Phi}{S}$	люкс = $\frac{\text{лм}}{\text{м}^2}$	лк	Використовувана щодо світла, яке падає на поверхню
Світність	$M_v$	$M = \frac{\Phi}{A}$	люкс = $\frac{\text{лм}}{\text{м}^2}$	лк	Використовувана щодо світла, яке випромінюється поверхнею
Світловий вихід	—		$\frac{\text{люмен}}{\text{ват}}$	$\frac{\text{лм}}{\text{Вт}}$	Відношення світлового потоку до густини потоку електромагнітного випромінювання, максим. значення дорівнює 683
Світлова експозиція	$H$	$H = Et = \frac{Q}{A} = \int Edt$	$\frac{\text{люкс}}{\text{секунда}}$	$\frac{\text{лк}}{\text{с}}$	
Світлова ефективність	$K$	$\frac{\text{люмен}}{\text{ват}}$	$\frac{\text{лм}}{\text{Вт}}$		

\* Закінчення. Початок див. у журналі «Фізика в школах України» № 17–18 (309–310), № 19–20 (311–312), № 21–22 (313–314) та № 23–24 (315–316) за 2016 р., № 1–2 (317–318), 3–4 (319–320), 5–6 (321–322), 7–8 (323–324), 9–10 (325–326), 11–12 (327–328), 13–14 (329–330), 15–16 (331–332), 17–18 (333–334), 19–20 (335–336), 21–22 (337–338) і 23–24 (339–340) за 2017 р., вкладки «Школа для вчителя» № 83–98.

**Фотометрія** — розділ оптики, у якому розглядають питання вимірювання параметрів і характеристик енергетичних властивостей випромінювання, що переноситься електромагнітними хвилями видимого оптичного діапазону, у процесі його поширення та взаємодії з речовиною. Теоретична фотометрія вивчає закономірності поширення випромінювання в різних середовищах, взаємодію випромінювання з речовиною (тілами) та його дію на приймачі випромінювання. Експериментальна фотометрія складається з методів та засобів вимірювання фотометричних величин. У фотометрії виділяють дві групи вимірювань:

1. Вимірювання характеристик джерел випромінювання: випромінюваного променистого потоку, розподілу потоку по спектру довжин хвиль, сили світла в різних напрямках, яскравості випромінювання в різних точках і в різних напрямках.
2. Вимірювання фотометричних характеристик різноманітних середовищ і тіл: інтегральний та спектральний коефіцієнти відбиття, поглинання, пропускання та розсіяння випромінювання поверхнями тіл і масою речовини; освітленість різних поверхонь.

Під час проведення фотометричних робіт (для оцінки тих або тих характеристик джерел випромінювання або характеристик освітлюваних об'єктів) використовують дві системи фотометричних величин та одиниць:

- енергетична;
- світлова (візуальна).

Тотожні фотометричні величини в обох системах мають ті самі літерні позначення, а розрізняються введенням індексу: для енергетичної системи —  $e$ , а для візуальної —  $v$ .

Будь-яка фотометрична величина є адитивною фізичною величиною, яка визначає часовий, просторовий та спектральний розподіл енергетичних характеристик оптичного випромінювання та фотометричних властивостей речовин, середовищ і тіл як посередників переносу або приймачів енергії випромінювання. Фотометрична величина в енергетичній системі вимірюється в одиницях енергії (джоулях) або потужності (ватах), або похідних від них.

**Фотон** — елементарна частина, квант електромагнітного випромінювання, у вузькому розумінні — квант світла. Термін «фотон» увів американський фізик і хімік Г. Льюїс у 1929 р. Теоретично фотон був відкритий у 1900 р. Німецький фізик

М. Планк пояснив низку експериментальних фактів, виходячи з припущення, що випромінювання електромагнітних хвиль проходить окремими порціями — квантами. Розвиваючи цю ідею, А. Ейнштейн в 1905 р. висловив гіпотезу, що світло не лише випромінюється, але й поглинається порціями. Таке уявлення про механізм поглинання електромагнітних хвиль дозволило пояснити закони фотоефекту, люмінесценції, фотохімічних реакцій. Пізніше, у 1922 р., американський фізик А. Комптон показав, що кванти випромінювання відповідають тим самим кінематичним залежностям, що й частини речовини.

Згідно із сучасними уявленнями фотони мають такі властивості:

1. Фотон є електрично нейтральною частинкою, тобто його заряд дорівнює нулю й тотожний своїй античастинці.
2. Швидкість руху фотона не залежить від вибору системи відліку й завжди дорівнює швидкості світла у вакуумі ( $c \sim 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ). При цьому не слід плутати швидкість поширення світлової хвилі в речовині зі швидкістю руху фотона. Фотони в речовині рухаються від частинки до частинки, поглинаються й знову виникають.
3. Енергія фотона пропорційна частоті електромагнітного випромінювання, квантом якого він є:  $E = h\nu$ , де  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  Дж·с, стала Планка.
4. Імпульс фотона дорівнює відношенню його енергії до швидкості й обернено пропорційний довжині його хвилі:  $p = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$ .
5. Маса спокою фотона дорівнює нулю.
6. Маса рухомого фотона, виходячи з формул  $E = mc^2$  та  $E = h\nu$ , дорівнює  $m = \frac{h\nu}{c^2}$ .
7. Фотони випромінюються під час переходів атомів речовини зі збудженого стану в стан із меншою енергією; прискорення заряджених частинок; розпаду деяких частинок; анігіляції.
8. Під час поглинання світла речовиною фотон цілком передає всю енергію частинкам речовини.

На підставі сказаного вище зроблений висновок: «Квантові властивості світла зумовлені тим, що енергія, імпульс і маса електромагнітного випромінювання зосереджені в частинках світла — фотонах».

**Фотохімічна реакція** — хімічні перетворення речовини під дією світла, унаслідок яких можуть утворитися нові молекули або розкладатися складні молекули на простіші чи на окремі частини — атоми й радикали. Прикладами таких реакцій можуть бути:

- перетворення кисню на озон під дією УФ-випромінювання;
- розкладання молекул хлору;
- розкладання бромистого срібла у фотографічних матеріалах.

Завдяки таким реакціям у природі відбувається кругообіг кисню.

**Фраунгоферові лінії** — лінії поглинання в спектрі Сонця. Фраунгоферові лінії інфрачервоного діапазону виникають унаслідок поглинання сонячного світла певних частот в атмосфері Землі, а видимого й ультрафіолетового — в атмосфері Сонця.

**Френеля дзеркала** — оптичний пристрій, який запропонував 1816 р. О. Ж. Френелем для спостереження інтерференції світла. Вони складаються з двох плоских дзеркал, кут яких трохи менший від  $180^\circ$ . Відбиваючись від них, джерело світла утворює два когерентні (тому що від одного джерела) близько розташовані уявні зображення. Перетинаючись під малим кутом, світлові пучки від них утворюють інтерференційну картину.

**Френеля зони** — ділянки відкритого фронту хвилі (типу сферичних поясів), подумки «вирізані» сферами (з центром у точці перед фотонем) із тими радіусами, які регулярно зростають на  $\frac{\lambda}{2}$ .

**Фронт хвилі** — поверхня, у якій в поданий момент часу є однакова фаза коливань хвилі. Різним значенням фази відповідає сім'я хвильових поверхонь. Ф. х. неперервно поширюється в середовищі в напрямку, перпендикулярному до поверхні. Його переміщення описують принципи Гюйгенса й Гюйгенса — Френеля.

**Фуко призма** — призма, влаштована як призма Ніколя, у якій канадський бальзам замінений тонким шаром повітря (див. *Ніколя призма*). Завдяки цьому Ф. п. можуть застосовувати для ультрафіолету, тоді як призма Ніколя непридатна для цієї мети, оскільки канадський бальзам поглинає ультрафіолетове світло.

## Х

**Хемілюмінісценція** — люмінесцентне випромінювання світла речовиною (див. *Люмінесценція*) у результаті екзотермічної хімічної реакції. На-

приклад, реакція окислення білого фосфору. Х. — світіння, яке супроводжує хімічні реакції (світіння бактерій, комах, риб).

**Хімічні лазери** — різновид лазерів, джерелом енергії для яких служать хімічні реакції між компонентами робочого середовища (суміші газів). Лазерні переходи відбуваються між збудженими коливально-обертальними й основними рівнями складених молекул продуктів реакції. Для здійснення хімічних реакцій у середовищі потрібна постійна присутність вільних радикалів, для чого використовують різні способи дії на молекули для їх дисоціації. Відрізняються широким спектром генерації в ближній ІЧ-області, великою потужністю безперервного й імпульсного випромінювання.

**Хоріодея** — власна судинна оболонка, яка складається із судин різного калібру й виконує трофічну функцію. Хвороби хоріодеї, як правило, пов'язані з хворобами сітківки. Вони проявляються в порушенні кровопостачання, дистрофії, запаленні.

## Ц

**Циліарне тіло** — тіло, волокна якого утримують кристалик за райдужною оболонкою в межах зіниці. Завдяки натягненню м'язів циліарного тіла та еластичності кристалика змінюється його форма і, як наслідок, його оптична сила. Це акомодація.

**Цукрометр** — полярометри, якими вимірюють концентрацію цукру, називають цукрометрами. У ньому поляризатором і аналізатором є призми Ніколя; між ними розміщується ще один малий поляризатор, який перекриває половину поля зору й зміщений щодо першого лише на  $3^\circ$ . Як показує дослід, тільки за середнього між ними положення аналізатора верхнє й нижнє поля зору будуть однаково освітлені; до такого положення приводять аналізатор до й після введення досліджуваної речовини Т. Для відліку кута повороту оправа аналізатора з'єднана з диском, на якому нанесено градусну шкалу і який обертається разом з аналізатором навколо горизонтальної осі. На ободі нерухомого диска нанесено ноніус; за відсутності досліджуваної речовини й однакового освітлення половинок полів зору нуль ноніуса збігається з нулем кругової шкали на диску аналізатора.

Світло від джерела пропускають через світлофільтр і користуються зазвичай жовтим світлом, для якого питоме повертання цукру  $\alpha = 66,7^\circ$ .

Знаючи кут повороту площини коливаль  $\varphi$ , можемо знайти концентрацію цукру в розчині (див. Кут повороту площини коливаль поляризованого світла).

$$C = \frac{\varphi}{\alpha d},$$

де  $\alpha$  — довжина кювети.

Цукрометри широко використовують на цукрових підприємствах і в медицині.

#### Ч

**Час когерентності** — інтервал часу  $\tau_{\text{ког}}$ , необхідний світловій хвилі для проходження шляху, рівного довжині когерентності  $l_{\text{ког}} = \tau_{\text{ког}} \nu$ , де  $\nu$  — швидкість хвилі. Ч. к. пов'язаний із шириною частотного спектра (якщо розглядають одну хвилю) або різницею частот двох хвиль (якщо розглядають дві хвилі):  $\tau_{\text{ког}} = \frac{1}{\Delta \nu}$ .

**Часова когерентність** — здатність світлових коливаль, отриманих з одного променя, до інтерференції після тимчасової затримки одного з променів. Ч. к. пов'язана зі ступенем монохроматичності хвилі, тобто шириною частотного спектра.

**Червона межа фотоефекту** — мінімальна частота електромагнітного випромінювання, за якої відбувається фотоефект. Залежить від хімічної природи речовини й стану поверхні тіла. Її визначають із рівняння Ейнштейна для фотоефекту як граничну умову, коли кінетична енергія фотоелектронів дорівнює нулю:  $\nu_0 = \frac{A_{\text{в}}}{h}$ , де  $A_{\text{в}}$  — робота виходу електрона з тіла,  $h$  — стала Планка. Інколи червону межу фотоефекту виражають через відповідну довжину хвилі  $\lambda_0 = \frac{c}{\nu_0} = \frac{hc}{A_{\text{в}}}$ , де  $c$  — швидкість світла у вакуумі. Для більшості металів  $A_{\text{в}} > 3$  еВ, тому червона межа фотоефекту лежить у діапазоні ультрафіолетового випромінювання. Для зменшення роботи виходу електрона з металів на практиці використовують спеціальні сполуки металів із сурмою, вісмутом, цезієм, окислом барію, які зміщують червону межу фотоефекту в бік видимого світла.

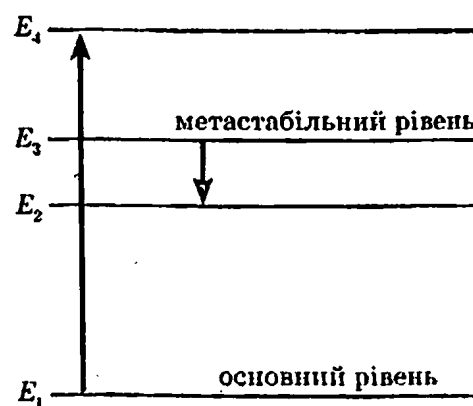
**Червоне зміщення** — збільшення довжини хвилі сприйнятих спектральних ліній (отже, зміщення їх у червону сторону спектра) порівняно з випромінювальним станом. Червоне зміщення спостерігають за взаємного віддалення спостерігача й джерела (радіальний ефект Доплера) або за значних швидкостей їх руху без збільшення відстані між ними (поперечний ефект Доплера).

Червоне зміщення спостерігають, коли джерело світла перебуває в області більшого, а приймач — в області меншого гравітаційного потенціалу. У цьому випадку червоне зміщення є наслідком релятивістського сповільнення часу біля гравітаційної маси, а отже, зменшення частоти світла.

Таке червоне зміщення спостерігають, наприклад, у спектрах білих карликів.

**Чорне тіло** — тіло, що поглинає всі випромінювання, які потрапили на нього незалежно від довжини хвилі, напрямку падіння, стану поляризації випромінювання. Чорним тілом можна вважати невеликий отвір, порожнисті кулі, покриті всередині сажею.

**Чотирирівнева схема лазера** — схема, у якій між метастабільним та основними рівнями є нижній робочий рівень, який повинен бути розташований настільки вище від основного, щоб в умовах термодинамічної рівноваги він був заселений досить слабо (рис.). При цьому порогу генерації досягають, коли населеність метастабільного рівня перевершує населеність нижнього рівня. Таким чином, на основному рівні може залишатися більше 50 % часток, що істотно знижує вимоги до джерела накачування. Найбільш ефективним чотирирівневим йоном є тривалентний йон неодиму Nd, уведений до складу спеціальних сортів скла або кристалів. За цією схемою працюють потужні газові лазери.



#### Ш

**Швидкість світла** — фундаментальна фізична константа, що визначає граничну швидкість поширення будь-яких фізичних взаємодій; у вузькому розумінні — швидкість поширення у вакуумі електромагнітних хвиль  $c = (299792456 \pm 1.2) \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

Ш. с. у вакуумі не залежить від руху джерела світла й в усіх інерціальних системах відліку однакова. У речовині Ш. с. залежить від електричних і магнітних властивостей середовища:  $v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}}$ , де  $\epsilon$  — відносна діелектрична проникність,  $\mu$  — відносна магнітна проникність речовини. Для монохроматичної світлової хвилі  $v = \frac{c}{n}$ , де  $c$  — швидкість світла у вакуумі;  $n$  — абсолютний показник заломлення. Унаслідок дисперсії світла в речовині Ш. с. залежить також від частоти світлової хвилі. Уперше Ш. с. визначив у 1676 р. О. К. Ремер за зміною проміжків часу між затемненням супутників Юпітера. На Землі Ш. с. уперше виміряв у 1849 р. А. І. Л. Фізо (див. Фізо дослід). Як фундаментальна фізична константа Ш. с. має великий ступінь узагальнення: у комбінації з іншими фундаментальними константами (Планка стала, гравітаційна стала, елементарний електричний заряд) вона визначає константи різних взаємодій — сильної, слабкої, електромагнітної; у формулі Ейнштейна

$E = mc^2$  вона пов'язує масу й повну енергію матеріального тіла; входить до багатьох інших співвідношень. З високою точністю Ш. с. була визначена в дослідах Майкельсона в 1927 р. методом обертової призми. За вимірювання цим методом Ш. с. дорівнювала  $(2,99776 \pm 0,00004) \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . У сучасних вимірах Ш. с. використовують модернізований метод Фізо (модуляційний метод) із заміною зубчастого колеса на електрооптичний, дифракційний, інтерференційний або який-небудь інший модулятор світла, який повністю перериває або послаблює світловий пучок. Приймачем випромінювання служить фотоеlement або фотоелектронний помножувач. Уживання лазера як джерела світла, ультразвукового модулятора із стабілізованою частотою й підвищення точності вимірювання довжини бази дозволили понизити погрішності вимірювань і набути значення  $c = (299792,5 \pm 0,15) \frac{\text{км}}{\text{с}}$ . Окрім прямих вимірювань Ш. с. за часом проходження відомої бази, широко

## Новий посібник, що допоможе вчителеві надихнути учнів до навчання!



### Навчальні проекти з фізики. 7-9 клас

ВІДПОВІДАЄ НОВІЙ ПРОГРАМІ!

Код: 20ПДП005 Ціна: 60,00

128 с., укр. мова, формат А4

Посібник допоможе легко організувати роботу учнів над проектами, завдяки чому пасивне засвоєння готових знань школярами поступається місцем їхньому усвідомленому здобуванню.

Це значно підвищує якість навчання та зацікавленість предметом!

Проекти орієнтовані на самостійну діяльність учнів — індивідуальну, парну, групову.

## Замовляйте за найнижчою ціною!

Замовлення можна зробити:

□ на сайті <http://book.osnova.com.ua>  
□ за тел. 0 800 505 212

Вартість доставки до міста Київ — 9,90 грн.

Брижи м. Київ, вулиця М. Коцюбинського, 10/12, додатково 100 грн.  
Тел. 0 800 505 212, [www.book.osnova.com.ua](http://www.book.osnova.com.ua)

Жодна дрібниця  
не потрапить до вас!

ОСНОВА