

Фізика 11

Урок 62 Дисперсія світла. Спектроскоп

Мета уроку:

Навчальна: Формувати знання про дисперсію світла, пояснити явище дисперсії з точки зору електромагнітної теорії.

Розвивальна. З метою розвитку мислення розвивати вміння: пояснювати подібні матеріали; виявляти аналогії; розкривати загальне і конкретне; встановлювати закономірності; встановлювати головне, суттєве у матеріалі, що вивчається; самостійно знаходити причинно-наслідкові зв'язки (робити висновки); узагальнювати; систематизувати, встановлювати зв'язки нового з раніше вивченим; стисло і грамотно висловлювати свої міркування та обґрунтовувати їхню правильність; діяти за аналогією.

Виховна. Виховувати уважність, зібраність, спостережливість.

Тип уроку: урок вивчення нового матеріалу.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп'ютер, підручник.

Хід уроку

I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

1. Провести бесіду за матеріалом § 28

Бесіда за питаннями

1. Опишіть будову людського ока та призначення його окремих оптичних елементів.
2. Як змінюється діаметр зіниці в разі зменшення освітленості?
3. Чому людина з нормальним зором може однаково чітко бачити як далеко, так і близько розташовані предмети?
4. Яку ваду зору називають короткозорістю? далекозорістю? Як ці вади можна скоригувати?
5. Що таке кут зору і для чого його збільшують?
6. Які пристрої використовують для збільшення кута зору?

2. Перевірити виконання вправи № 28: завдання 1-4.

II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

Чому виникає веселка? Чому світ різнокольоровий? Чому небо блакитне?

III. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

1. Спектр

У 1665 р. видатний англійський вчений Ісаак Ньютон (1643-1727), провів серію цікавих дослідів. Для отримання вузького пучка сонячного світла Ньютон зробив у віконниці невеликий круглий отвір.

Проходячи крізь призму, пучок білого світла заломлюється, і на екрані утворюється веселкова смужка – **спектр**.

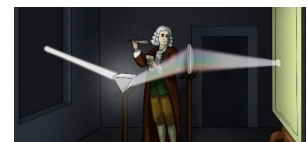
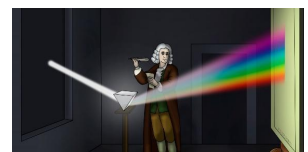
У **спектрі виділяють сім кольорів**: червоний, оранжевий, жовтий, зелений, блакитний, синій, фіолетовий (**Ч**апля **О**сінь **Ж**де **З**авзято **Б**уде **С**ани **Ф**арбувати)

Проблемне питання

• Чи можливо із семи кольорів спектру знову утворити білий колір? (Можливо)

• А може це призма «фарбує» білий пучок світла?

Ньютон виділив із широкого різнокольорового пучка променів вузькі одноколірні (монохроматичні) пучки світла і знову спрямовував їх на призму. Такі пучки відхилялися призмою, але вже не розкладались у спектр. При цьому найбільше відхилявся фіолетовий пучок світла, а найменше – червоний.



Результати цих дослідів дозволили Ньютону дійти таких висновків:

- 1) призма не «фарбує» біле світло, а розкладає його у спектр;
- 2) пучок білого світла складається з багатьох різнокольорових пучків;
- 3) показник заломлення середовища для променів різного кольору є різним.

2. Дисперсія світла

Проблемне питання

- Чому пучки різних кольорів по-різному відхиляються призмою?

Згідно з хвильовою теорією світла *колір світла визначається частотою електромагнітної хвилі, якою є світло*. Найменшу частоту має червоне світло, найбільшу – фіолетове.

Аналізуючи досліди Ньютона та спираючись на хвильову теорію світла, доходимо висновку: *показник заломлення світла залежить від частоти світлової хвилі*.

Колір світла	Частота світла, ТГц (10^{12} Гц)	Довжина хвилі у вакуумі, нм (10^{-9} м)
Червоний	480-400	625-740
Оранжевий	510-480	590-625
Жовтий	530-510	565-590
Зелений	600-530	500-565
Блакитний	620-600	485-500
Синій	680-620	440-485
Фіолетовий	790-680	380-440

Дисперсія світла – це явище розкладання світла у спектр, зумовлене залежністю показника заломлення середовища від частоти світлової хвилі.

При переході з одного середовища в інше швидкість v поширення світла змінюється, але частота ν світлової хвилі, а отже, і колір світла залишаються незмінними. Тому згідно з формулою хвилі ($v = \lambda\nu$) змінюється довжина λ світлової хвилі.

При переході в середовище з більшою оптичною густиною довжина хвилі, як і її швидкість, зменшується:

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

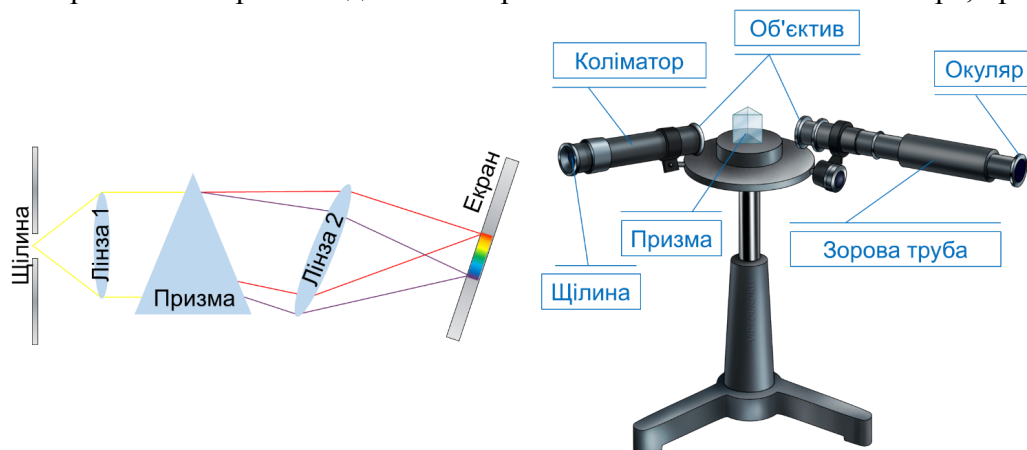


3. Спектроскоп

Спектр випромінювання речовини – це сукупність частот світлових хвиль, які містяться у випромінюванні цієї речовини.

Спектральний аналіз – метод визначення хімічного складу речовини за її спектром.

Спектральний склад світла вивчають за допомогою *спектральних апаратів*. Зазвичай спектральний апарат складається із трьох основних частин: коліматора, призми, лінзи.



Коліматор являє собою вузьку трубку, на одному кінці якої розташована ширма зі щілиною; щілина перебуває у фокальній площині збиральної лінзи 1. Вузький паралельний пучок світла

від коліматора спрямовується на *призму*. Оскільки кожній частоті світла (кожному кольору) відповідає власний показник заломлення, після заломлення з призми виходять монохроматичні паралельні пучки, кожний з яких відхиляється на власний кут. Ці пучки потрапляють на *іншу збиральну лінзу 2* і фокусуються на її фокальній площині.

Якщо у фокальній площині *лінзи 2* розташовано фотопластину, екран тощо, такий прилад називають **спектрографом**.

Якщо замість *лінзи 2* та екрана використовують зорову трубу, маємо справу зі **спектроскопом**.

4. Різнокольоровий світ

Проблемне питання

- Чому світ різнокольоровий?

Колір того чи іншого тіла, яке ми спостерігаємо, визначається частотою хвиль, що потрапляють в *око після взаємодії світла з матеріалом*, із якого складається тіло, а саме після часткового *поглинання і розсіювання світла*.

Розсіювання світла – це явище перетворення світла матеріальним середовищем, яке супроводжується зміною напрямку поширення світла і виявляється як невластне світіння середовища.

Поглинання світла – зменшення інтенсивності світла, яке проходить через матеріальне середовище.

Колір тіла визначається його властивістю відбивати (розсіювати) світлові хвилі тієї чи іншої частоти (довжини).

Яблуко має червоний колір, тому що воно відбиває хвилі переважно червоного кольору і поглинає хвилі всіх інших кольорів.

Листя дерев має зелений колір, тому що воно відбиває хвилі переважно зеленого кольору і поглинає хвилі всіх інших кольорів.

Якщо голуб освітлюється білим світлом і відбиває всі падаючі світлові хвилі, то голуб здаватиметься нам білим.

Чорний кіт, навпаки, взагалі не відбиває світлових хвиль, а повністю їх поглинає.



Проблемне питання

- Який колір матимуть предмети, якщо на них падає світло якого-небудь іншого кольору?

Синє світло, спрямоване на червоні пелюстки троянди, майже цілком поглинеться ними, бо пелюстки відбивають переважно червоні промені, а решту – поглинають. Тому троянда, освітлена синім світлом, здаватиметься нам практично чорною.

Якщо ж червоним світлом освітити білий сніг, то він здаватиметься нам червоним, адже білий сніг відбиває промені всіх кольорів (у тому числі й червоні).

А от чорна шерсть kota добре поглинає всі промені, тому, хоч яким світлом ми його освітимо, кіт однаково здаватиметься чорним.

Зверніть увагу! Оскільки колір тіла залежить від складу падаючого світла, у *темряві* поняття кольору позбавлене будь-якого сенсу.

IV. ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАНЬ І ВМІНЬ

1. Як пояснити: білий колір kota; чорний колір сажі; фіолетовий колір квітки?

Кіт білого кольору відбиває світло всіх кольорів; чорна сажка, навпаки, взагалі не відбиває світла, а повністю його поглинає; квітка має фіолетовий колір, тому що вона відбиває фіолетове світло і поглинає всі інші кольори.

2. Світлофор дає три сигнали: червоний, жовтий і зелений. Лампа всередині нього біла. Пояснить, як отримують різні сигнали світлофора?

Лампи в середині світлофору випромінюють біле світло, яке містить весь спектр. Колір прозорих тіл залежить від того, які промені світла проходять крізь них. Наприклад, червоне скло пропускає тільки червоні промені (всі інші поглинає), а жовте – тільки жовті (всі інші поглинає), що і зумовлює їх колір.

3. Якими здаватимуться червоні літери на білому папері, якщо дивитися на них крізь синє скло? Яким при цьому здаватиметься колір паперу?

Червоні літери відбивають червоний колір та поглинають усі інші кольори, а синє скло пропускає тільки сині промені (всі інші поглинає). Тому червоні літери на білому папері будуть здаватися чорними бо літери поглинуть синій колір. Якщо дивитися на білий папір через синє скло, то він здаватиметься синім, тому що білий колір відбиває промені всіх кольорів, у тому числі й сині.

4. Через скло якого кольору не можна побачити текст, написаний блакитним чорнилом на білому папері?

Текст, написаний блакитними літерами на білому папері, не можна побачити через блакитне скло. Блакитні літери поглинають усі кольори та відбивають блакитний колір, а блакитне скло пропускає тільки блакитні промені. Якщо дивитися на білий папір через блакитне скло, то він здаватиметься блакитним. Крізь скло літери та папір будуть одного кольору тому ми не побачимо текст.

5. Чи однакова швидкість поширення червоного й зеленого світла у вакуумі? У воді?

У вакуумі – однаково; у воді – у червоного більша (при переході з одного середовища в інше швидкість v поширення світла змінюється, але частота ν світлової хвилі, а отже, і колір світла залишаються незмінними; згідно з формулою хвилі ($\nu = \lambda\nu$) змінюється довжина λ світлової хвилі)

6. Як змінюються частота й довжина світлової хвилі при переході з одного прозорого середовища в інше – з більшим показником заломлення?

Частота – не змінюється; довжина хвилі – зменшується.

7. Людське око сприймає як видиме світло електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі у вакуумі від 400 до 780 нм. Визначте, діапазон видимого випромінювання.

Дано:

$$\lambda_1 = 400 \text{ нм}$$

$$= 400 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$\lambda_2 = 780 \text{ нм}$$

$$= 780 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Розв'язання

$$c = \lambda\nu \quad \Rightarrow \quad \nu = \frac{c}{\lambda} \quad [\nu] = \frac{\frac{\text{м}}{\text{с}}}{\text{м}} = \frac{1}{\text{с}} = \text{Гц}$$

$$\nu_1 = \frac{3 \cdot 10^8}{400 \cdot 10^{-9}} = 7,5 \cdot 10^{14} \text{ (Гц)}$$

$$\nu_2 = \frac{3 \cdot 10^8}{780 \cdot 10^{-9}} \approx 3,85 \cdot 10^{14} \text{ (Гц)}$$

Відповідь: Від $3,85 \cdot 10^{14}$ Гц до $7,5 \cdot 10^{14}$ Гц.

$$\nu_1 - ?$$

$$\nu_2 - ?$$

8. Воду освітлюють зеленим світлом, довжина хвилі якого в повітрі дорівнює 500 нм. Яка довжина світлової хвилі у воді? Який колір бачить людина, що розплющила очі під водою?

Дано:

$$\lambda_1 = 500 \text{ нм}$$

$$= 500 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$n_1 = 1$$

$$n_2 = 1,33$$

$$\lambda_2 = ?$$

Розв'язання

$$\text{Формула хвилі: } v_1 = \lambda_1 \nu \quad v_2 = \lambda_2 \nu$$

ν – частота світла, що не змінюється під час переходу світла з одного середовища в інше, тому людина в повітрі та під водою бачитиме зелений колір.

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

Швидкості поширення світла в повітрі й у воді пов'язані з абсолютними показниками заломлення цих середовищ співвідношенням:

$$\frac{v_1}{v_2} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \lambda_2 = \lambda_1 \frac{n_1}{n_2}$$

$$[\lambda_2] = \text{м} \quad \lambda_2 = 500 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{1}{1,33} \approx 376 \cdot 10^{-9} \text{ (м)}$$

Відповідь: $\lambda_2 \approx 376 \text{ нм}$; зелений.

9. Фіолетове світло частотою $7,5 \cdot 10^{14}$ Гц перейшло зі скла у вакуум. Визначте, на скільки змінилася довжина світлової хвилі.

Дано:

$$\nu = 7,5 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

$$n_1 = 1,5$$

$$n_2 = 1$$

$$\nu_2 = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\Delta \lambda = ?$$

Розв'язання

$$\text{Формула хвилі: } v_1 = \lambda_1 \nu \quad v_2 = \lambda_2 \nu$$

ν – частота світла, що не змінюється під час переходу світла з одного середовища в інше.

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

Швидкості поширення світла в склі й вакуумі пов'язані з абсолютними показниками заломлення цих середовищ співвідношенням:

$$\frac{v_1}{v_2} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \lambda_1 = \lambda_2 \frac{n_2}{n_1}$$

$$\Delta \lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = \lambda_2 - \lambda_2 \frac{n_2}{n_1} = \lambda_2 \left(1 - \frac{n_2}{n_1} \right) = \frac{v_2}{\nu} \left(1 - \frac{n_2}{n_1} \right)$$

$$\Delta \lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{7,5 \cdot 10^{14}} \cdot \left(1 - \frac{1}{1,5} \right) \approx 130 \cdot 10^{-9} \text{ (м)}$$

Відповідь: $\Delta \lambda \approx 130 \text{ нм}$.

V. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

Бесіда за питаннями

1. Опишіть досліди І. Ньютона з вивчення дисперсії світла.

2. Назвіть сім спектральних кольорів.
3. Світло якого кольору найменше заломлюється в речовині? найбільше заломлюється в речовині?
4. Дайте означення дисперсії.
5. Які характеристики світлової хвилі змінюються під час переходу з одного середовища в інше?
6. Опишіть будову та принцип дії дисперсійного спектрального апарата.
7. Чому навколишній світ ми бачимо різнокольоровим?

VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Повторити § 29, Вправа № 29 (1-4)

Додаткові задачі

1. Світлова хвиля поширюється в повітрі і має частоту $4 \cdot 10^{14}$ Гц і довжину 0,75 мкм. Яка швидкість поширення світла в повітрі?

Дано:

$$\nu = 4 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

$$\lambda = 0,75 \text{ мкм}$$

$$= 0,75 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$\nu - ?$$

Розв'язання

$$\nu = \lambda \nu \quad [\nu] = \text{м} \cdot \text{Гц} = \text{м} \cdot \frac{1}{\text{с}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\nu = 0,75 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 10^{14} = 3 \cdot 10^8 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

Відповідь: $\nu = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

2. Світлова хвиля довжиною хвилі 600 нм поширюється в повітрі. Яка довжина хвилі у воді?

Дано:

$$\lambda_1 = 600 \text{ нм}$$

$$= 600 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$n_1 = 1$$

$$n_2 = 1,33$$

$$\lambda_2 - ?$$

Розв'язання

$$\text{Формула хвилі: } \nu_1 = \lambda_1 \nu \quad \nu_2 = \lambda_2 \nu$$

ν – частота світла, що не змінюється під час переходу світла з одного середовища в інше. $\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$

Швидкості поширення світла в повітрі й у воді пов'язані з абсолютними показниками заломлення цих середовищ співвідношенням: $\frac{\nu_1}{\nu_2} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \lambda_2 = \lambda_1 \frac{n_1}{n_2}$$

$$[\lambda_2] = \text{м} \quad \lambda_2 = 600 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{1}{1,33} \approx 451 \cdot 10^{-9} (\text{м})$$

Відповідь: $\lambda_2 \approx 451 \text{ нм}$.

3. Яка довжина хвилі жовтого світла пар натрію в склі з показником заломлення 1,56? Довжина хвилі цього світла в повітрі дорівнює 589 нм.

Дано:

$$\lambda_1 = 589 \text{ нм}$$

$$= 589 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$n_1 = 1$$

$$n_2 = 1,56$$

Розв'язання

$$\text{Формула хвилі: } \nu_1 = \lambda_1 \nu \quad \nu_2 = \lambda_2 \nu$$

ν – частота світла, що не змінюється під час переходу світла з одного середовища в інше. $\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$

Швидкості поширення світла в повітрі й склі пов'язані з абсолютними показниками заломлення цих середовищ співвідношенням: $\frac{\nu_1}{\nu_2} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$

$\lambda_2 - ?$	$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \lambda_2 = \lambda_1 \frac{n_1}{n_2}$ $[\lambda_2] = \text{м} \quad \lambda_2 = 589 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{1}{1,56} \approx 378 \cdot 10^{-9} (\text{м})$ Відповідь: $\lambda_2 \approx 378 \text{ нм}$.
4. Після переходу світла з води у вакуум довжина хвилі збільшилася на 0,12 мкм. Визначте довжину хвилі світла у вакуумі. Дано: $\Delta\lambda = 0,12 \text{ мкм}$ $= 120 \cdot 10^{-9} \text{ м}$ $n_1 = 1,33$ $n_2 = 1$ $v_2 = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$	Розв'язання Формула хвилі: $v_1 = \lambda_1 \nu \quad v_2 = \lambda_2 \nu$ ν – частота світла, що не змінюється під час переходу світла з одного середовища в інше. $\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ Швидкості поширення світла в склі й вакуумі пов'язані з абсолютними показниками заломлення цих середовищ співвідношенням: $\frac{v_1}{v_2} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$ $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \lambda_1 = \lambda_2 \frac{n_2}{n_1}$
$\lambda_2 - ?$	$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = \lambda_2 - \lambda_2 \frac{n_2}{n_1} = \lambda_2 \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right)$ $\lambda_2 = \frac{\Delta\lambda}{1 - \frac{n_2}{n_1}} = \frac{\Delta\lambda n_1}{n_1 - n_2} \quad [\lambda_2] = \text{м}$ $\lambda_2 = \frac{120 \cdot 10^{-9} \cdot 1,33}{1,33 - 1} \approx 484 \cdot 10^{-9} (\text{м})$ Відповідь: $\lambda_2 \approx 484 \text{ нм}$.