

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Институт технологий и инженерной механики
Кафедра физики

УТВЕРЖДАЮ

Директор института технологий и
инженерной механики

 Могильная Е.П.
« 25 » 02 2025 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по учебной дисциплине**

Нелинейная оптика

(наименование учебной дисциплины, практики)

03.03.02 Физика

(код и наименование направления подготовки (специальности))

«Физика»

(наименование профиля подготовки (специальности, магистерской программы); при отсутствии ставится прочерк)

Разработчик:

доцент  Харченко Е.И.

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры физики

от 25 02 2025 г., протокол № 6

Заведующий кафедрой  Корсунов К.А.

Луганск 2025 г.

**Комплект оценочных материалов по дисциплине
«Нелинейная оптика»**

Задания закрытого типа

Задания закрытого типа на выбор правильного ответа

1. Выберите один правильный ответ

Чем обусловлена тепловая нелинейность?

- А) изменение плотности среды под действием поля.
- Б) деформацией атомных орбиталей под действием электрического поля.
- В) поглощением средой энергии световой волны и ее нагревом.
- Г) вращением в электрическом поле молекул, обладающих дипольным моментом

Правильный ответ: В

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

2. Выберите один правильный ответ

С чем связана электронная поляризация?

- А) изменение плотности среды под действием поля.
- Б) деформацией атомных орбиталей под действием электрического поля.
- В) поглощением средой энергии световой волны и ее нагревом.
- Г) вращением в электрическом поле молекул, обладающих дипольным моментом

Правильный ответ: Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

3. Выберите один правильный ответ

Чем обусловлена ориентационная поляризация?

- А) изменение плотности среды под действием поля.
- Б) деформацией атомных орбиталей под действием электрического поля.
- В) поглощением средой энергии световой волны и ее нагревом.
- Г) вращением в электрическом поле молекул, обладающих дипольным моментом

Правильный ответ: Г

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

4. Выберите один правильный ответ

В чем заключается эффект электрострикции?

- А) сжатие материала под действием поля.
- Б) деформацией атомных орбиталей под действием электрического поля.
- В) поглощением средой энергии световой волны и ее нагревом.

Г) вращением в электрическом поле молекул, обладающих дипольным моментом

Правильный ответ: А

Компетенции (индикаторы): ОПК-2 (ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3)

5. *Выберите один правильный ответ*

В каких средах проявляется поляризация второго порядка?

А) в изотропных материалах;

Б) в анизотропных кристаллах;

В) в кристаллах без центра симметрии;

Г) в жидкостях;

Д) в газах

Правильный ответ: В

Компетенции (индикаторы): ОПК-2 (ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3)

6. *Выберите один правильный ответ*

В средах, с каким типом нелинейности возможна генерация второй гармоники?

А) только в линейных средах;

Б) в средах с кубической нелинейностью;

В) в средах с квадратичной нелинейностью;

Г) в анизотропных

Правильный ответ: В

Компетенции (индикаторы): ОПК-2 (ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3)

7. *Выберите один правильный ответ*

Для каких сред выполняется условие для показателей преломления

$$n_x = n_y \neq n_z$$

А) для кристаллов с тетрагональной, тригональной или гексагональной решёткой;

Б) для кристаллов с кубической решеткой;

В) для кристаллов с триклинной, моноклинной и орторомбической решеткой;

Г) для аморфных тел;

Д) для жидкостей и газов

Правильный ответ: А

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4)

8. *Выберите один правильный ответ*

Для каких сред выполняется условие для показателей преломления

$$n_x \neq n_y \neq n_z$$

- А) для кристаллов с тетрагональной, тригональной или гексагональной решёткой;
- Б) для кристаллов с кубической решеткой;
- В) для кристаллов с триклинной, моноклинной и орторомбической решеткой;
- Г) для аморфных тел;
- Д) для жидкостей и газов

Правильный ответ: В

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1-3, ПК-1-4)

10. Выберите все правильные варианты ответов

Какие среды относятся к изотропным?

- А) одноосные кристаллы;
- Б) кристаллы с кубической решеткой;
- В) двухосные кристаллы;
- Г) аморфные тела;
- Д) жидкости и газы.

Правильный ответ: Б, Г, Д

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1-3, ПК-1-4)

11. Выберите все правильные варианты ответов

Для каких сред выполняется условие для показателей преломления $n_x = n_y = n_z = n$

- А) для кристаллов с кубической решеткой;
- Б) для кристаллов с тетрагональной, тригональной или гексагональной решёткой;
- В) для аморфных тел;
- Г) для кристаллов с триклинной, моноклинной и орторомбической решеткой;
- Д) для жидкостей и газов

Правильный ответ: А, В, Д

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1-3, ПК-1-4)

12. Выберите все правильные варианты ответов

Приведите эффекты, обусловленный вещественной составляющей нелинейных восприимчивостей

- А) многофотонные процессы;
- Б) эффекты генерации высших оптических гармоник;
- В) вынужденное комбинационное рассеяние света;
- Г) самовоздействие интенсивного светового пучка в нелинейных материалах;
- Д) вынужденное рассеяние Мандельштама – Бриллюэна

Правильные ответы: Б, Г

Компетенции (индикаторы): ОПК-2 (ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3)

13. *Выберите все правильные варианты ответов*

Приведите эффекты, обусловленный мнимой составляющей нелинейных восприимчивостей

- А) оптический пробой среды;
- Б) эффекты генерации высших оптических гармоник;
- В) вынужденное комбинационное рассеяние света;
- Г) самовоздействие интенсивного светового пучка в нелинейных материалах;
- Д) вынужденное рассеяние Мандельштама – Бриллюэна.

Правильные ответы: В, Д

Компетенции (индикаторы): ОПК-2 (ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3)

14. *Выберите все правильные варианты ответов*

Укажите нелинейные эффекты, связанные с поляризацией второго порядка

- А) Генерация третьей гармоники;
- Б) Генерация суммарной частоты;
- В) Генерация разностной частоты;
- Г) Оптическое выпрямление
- Д) Самофокусировка излучения

Правильный ответ: Б, В, Г

Компетенции (индикаторы): ОПК-2 (ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3)

15. *Выберите все правильные варианты ответов*

Укажите нелинейные эффекты, связанные с поляризацией третьего порядка

- А) Генерация разностной частоты;
- Б) Генерация второй гармоники частоты;
- В) Генерация третьей гармоники;
- Г) Оптическое выпрямление
- Д) Самофокусировка излучения

Правильный ответ: В, Д

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4)

Задания закрытого типа на установление соответствия

1. Установите правильное соответствие. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

	Физическая величина		Математическое выражение
--	---------------------	--	--------------------------

1)	Вектор поляризации	А)	$L = \frac{\pi}{\Delta k}$
2)	Стрикционная сила	Б)	$L = \frac{k w_0^2}{\sqrt{P/P_{кр} - 1}}$
3)	Длина когерентности	В)	$F_{cmp} = \gamma \mathcal{N} E ^2$
4)	Длина самофокусировки	Г)	$\vec{P} = \frac{1}{V} \sum \vec{p}_i = n \vec{p}$

Правильный ответ:

1	2	3	4
Г	В	А	Б

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1-3, ПК-1-4)

Задания закрытого типа на установление правильной последовательности

1. Постройте цепочку нелинейного взаимодействия для эффекта электрострикции. Запишите правильную последовательность букв слева направо.

- А) изменение плотности среды (втягивание)
- Б) стрикционная сила
- В) изменение условий распространения светового пучка
- Г) переменное поле
- Д) изменение показателя преломления

Правильный ответ: Г, Б, А, Д, В

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

Задания открытого типа

Задания открытого типа на дополнение

1. Напишите пропущенное слово (словосочетание)

Рассеяние световой волны на отдельном атоме, молекуле, электроны, и т. д. (на любой неоднородности, размер которой много меньше длины волны), называется _____.

Правильный ответ: рэлеевским

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1-3, ПК-1-4)

2. Напишите пропущенное слово (словосочетание)

Рассеяние света на упругих волнах в среде, обусловленных тепловым движением (акустических фонах), называется _____ .

Правильный ответ: рассеянием Мандельштама-Бриллюэна

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1-3, ПК-1-4)

3. Напишите пропущенное слово (словосочетание)

Нелинейное явление, в основе которого лежит процесс превращения среды из прозрачной в сильно поглощающую среду под действием мощного светового излучения, сопровождающийся разрушением структуры твердого тела, называется _____ .

Правильный ответ: оптическим пробоем

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

4. Напишите пропущенное слово (словосочетание)

Процессы взаимодействия электромагнитного излучения с веществом, при которых в одном элементарном акте одновременно происходит поглощение или испускание (или то и другое) нескольких фотонов, называются _____ .

Правильный ответ: многофотонными

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1-3, ПК-1-4)

5. Напишите пропущенное слово (словосочетание)

Ослабление поглощения с ростом интенсивности светового поля иначе называют _____ .

Правильный ответ: просветлением поглощающей среды.

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1-3, ПК-1-4)

6. Напишите пропущенное слово (словосочетание)

Процесс, в котором среда пассивна, то есть, она не обменивается энергией со световыми волнами, а волны различных частот могут обмениваться энергией друг с другом, называется _____ .

Правильный ответ: параметрическим.

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1-3, ПК-1-4)

7. Напишите пропущенное слово (словосочетание)

Процесс приобретения диэлектриком при помещении его в электрическое поле отличного от нуля макроскопического дипольного момента, называется _____ .

Правильный ответ: поляризацией

Компетенции (индикаторы): ОПК-2 (ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3)

Задания открытого типа с кратким свободным ответом

1. Напишите пропущенное слово (словосочетание)

Рассеяние, при котором падающий фотон либо превращается в фотон с меньшей частотой (так называемая стоксова компонента) и в квант возбуждения вещества, например, фонон – в случае колебательного возбуждения, либо объединяется с тепловым фононом и превращается в фотон с большей частотой (антистоксова компонента), называется _____.

Правильный ответ: комбинационным рассеянием / рамановским рассеянием

Компетенции (индикаторы): ОПК-2 (ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3)

Задания открытого типа с развернутым ответом

1. Решите задачу. Приведите расширенное решение задачи.

Оценить амплитуду электрического поля E_0 в воздухе для монохроматической волны $\vec{E}(\vec{r}, t) = E_0 \exp(i\omega t - i\vec{k}\vec{r})$ со средней интенсивностью $I = 100 \text{ кВт/см}^2$.

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 15 мин.

Ожидаемый результат:

Решение. Интенсивность света I – скалярная характеристика, под которой понимается модуль среднего по времени значения плотности потока энергии, переносимой световой волной:

$$I = \langle E \cdot H \rangle. \quad (1)$$

Мгновенные значения величин E и H , как это следует из системы уравнений Максвелла для электромагнитного поля, связаны соотношением:

$$\varepsilon_0 \varepsilon E^2 = \mu_0 \mu H^2, \quad (2)$$

С учетом формул (1.1) и (1.2) находим:

$$I = \sqrt{\frac{\varepsilon_0 \varepsilon}{\mu_0 \mu}} \langle E^2 \rangle.$$

Для плоской световой волны

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = E_0 \exp(i\omega t - i\vec{k}\vec{r})$$

(здесь ω – циклическая частота, $k = 2\pi/\lambda$ – волновое число) получаем:

$$I = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\varepsilon_0 \varepsilon}{\mu_0 \mu}} E_0^2. \quad (4)$$

Учитывая, что $\frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} = c$, $\sqrt{\varepsilon} = n$, получим $I = \frac{1}{2} n \varepsilon_0 c E_0^2$

откуда амплитуда электрического поля E_0 в воздухе

$$E_0 = \sqrt{\frac{2I}{n \varepsilon_0 c}} = 0,868 \cdot 10^6 \text{ В/м}$$

Ответ: $E_0 = \sqrt{\frac{2I}{n\epsilon_0 c}} = 0,868 \cdot 10^6 \text{ В/м}$

Компетенции (индикаторы): ОПК-1, ПК-1

2. Решить задачу. Привести расширенное решение.

Определить длину волны генерируемой суммарной частоты, если длины волн накачки в воздухе $\lambda_1 = 0,532 \text{ мкм}$ (вторая гармоника Nd:YAG лазера) и $\lambda_2 = 0,630 \text{ мкм}$ (гелий-неоновый лазер).

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 15 мин.

Ожидаемый результат:

Решение. Для плоской монохроматической электромагнитной волны $E(z,t) = E_0 \exp(ikz - i\omega t)$. Длина λ и фазовая скорость v волны определяются из уравнений $k\lambda = 2\pi$, $kv = \omega$, и, следовательно, частота $\omega = \frac{2\pi v}{\lambda} = \frac{2\pi c}{\lambda n}$. Из закона сохранения энергии имеем $\omega_3 = \omega_1 + \omega_2$ или $\frac{2\pi c}{\lambda_3 n_3} = \frac{2\pi c}{\lambda_1 n_1} + \frac{2\pi c}{\lambda_2 n_2}$. В вакууме (и с хорошей точностью в воздухе)

$$\frac{1}{\lambda_3} = \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2}.$$

Таким образом,

$$\lambda_3 = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2} = \frac{0,532 \cdot 0,630}{0,532 + 0,630} = 0,288 \text{ мкм}.$$

Ответ: $\lambda_3 = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2} = 0,288 \text{ мкм}.$

Компетенции (индикаторы): ОПК-1, ПК-1

Экспертное заключение

Представленный фонд оценочных средств (далее – ФОС) по дисциплине «Нелинейная оптика» соответствует требованиям ФГОС ВО.

Предлагаемые формы и средства текущего и промежуточного контроля адекватны целям и задачам реализации основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины представлены в полном объеме.

Виды оценочных средств, включенные в представленный фонд, отвечают основным принципам формирования ФОС.

Разработанный и представленный для экспертизы фонд оценочных средств рекомендуется к использованию в процессе подготовки обучающихся по указанному направлению.

Председатель учебно-методической
комиссии института технологий и
инженерной механики



Ясуник С.Н.

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)