



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЕиС
И.Ю. Мезин

04.03.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ В КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕДАХ

Направление подготовки (специальность)
03.03.02 Физика

Направленность (профиль/специализация) программы
Физика конденсированного состояния вещества

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт естествознания и стандартизации
Кафедра	Физики
Курс	4
Семестр	8

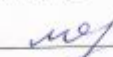
Магнитогорск
2021 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 03.03.02 Физика (приказ Минобрнауки России от 17.08.2020 г. № 891)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Физики
18.02.2021 г., протокол № 5

Зав. кафедрой  М.Б. Аркулис


Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЕиС
04.03.2021 г., протокол № 7

Председатель  И.Ю. Мезин

Рабочая программа составлена:
Доцент кафедры Физики, канд. физ.-мат. наук

 А.П. Давыдов

Рецензент:
зав. кафедрой ВТиП, д-р техн. наук

 О.С. Логунова

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от 15. 10. 2021 г. № 2
Зав. кафедрой _____ М.Б. Аркулис

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ М.Б. Аркулис

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ М.Б. Аркулис

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ М.Б. Аркулис

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ М.Б. Аркулис

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Электромагнитные волны в конденсированных средах» являются:

- 1) подготовка студентов по дисциплине в соответствии с требованиями Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению 03.03.02 –«Физика» (профиль Физика конденсированного состояния вещества);
- 2) приобретение студентами знаний и формирование профессиональных компетенций.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Электромагнитные волны в конденсированных средах входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Поверхностные свойства конденсированных систем

Методы расчета оптических постоянных конденсированных сред

Математическое моделирование физических процессов

Методы математической физики

Дифференциальные уравнения

Математический анализ

Теоретическая физика

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Моделирование процессов переноса в конденсированных средах

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Производственная – преддипломная практика

Процессы переноса в конденсированных средах

Спектроскопические методы исследования конденсированных сред

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Электромагнитные волны в конденсированных средах» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-2	Способен планировать и проводить экспериментальные и теоретические исследования процессов и явлений в физике конденсированного состояния
ПК-2.1	Проводит работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований в области физики конденсированного состояния
ПК-2.2	Проводит эксперименты и оформляет результаты исследований в области физики конденсированного состояния
ПК-2.3	Готовит элементы документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов экспериментальных работ в области физики конденсированного состояния

2.1 Двойное лучепреломление. Плоские монохроматические волны в анизотропной среде. Одноосные кристаллы. Преломление на границе анизотропной среды. Построение Гюйгенса. Поляризационные призмы и поляриды. Искусственная анизотропия. Эффект Керра.	8	4		4		Подготовка к практическому занятию, конспектирование учебников, учебных пособий, монографий, первоисточников	Проверка конспектов, опрос, обсуждение	
2.2 Физический механизм анизотропии ферритов. Уравнение движения намагниченности. Тензор магнитной проницаемости намагниченного феррита. Уравнения Максвелла в гиротропной среде. Распространение электромагнитных волн в намагниченном феррите.		4		4	10	Подготовка к практическому занятию, конспектирование учебников, учебных пособий, монографий, первоисточников	Проверка конспектов, опрос, обсуждение	
Итого по разделу		8		8	10			
3. Распространение электромагнитных волн в неоднородных средах								
3.1 Уравнения Максвелла для волн в неоднородных средах. Отражение и преломление волн на плоской покоей и движущейся границе раздела двух сред. Замедление электромагнитных волн диэлектрической пластиной.	8	4		4/2И	9	Подготовка к практическому занятию, конспектирование учебников, учебных пособий, монографий, первоисточников	Проверка конспектов, опрос, обсуждение	
3.2 Поверхностные волны. Скин-эффект нормальный и аномальный. Сильный скин-эффект. Граничные условия Леонтовича. Сопротивление проводников при сильном скин-эффекте. Скин-эффект в цилиндрическом проводе.		4		4/2И	9,7	Подготовка к практическому занятию, конспектирование учебников, учебных пособий, монографий, первоисточников	Проверка конспектов, опрос, обсуждение	
Итого по разделу		8		8/4И	18,7			
Итого за семестр		24		24/4И	28,7		зао	
Итого по дисциплине		24		24/4И	28,7		зачет с оценкой	

5 Образовательные технологии

Результат освоения дисциплины «Электромагнитные волны в конденсированных средах» – формирование у студентов компетенций представляющих собой динамичную совокупность знаний, умений, владений, способностей и личностных качеств, которую студент может продемонстрировать после завершения обучения по магистерской образовательной про-грамме. Для формирования этих компетенций и реализации предусмотренных видов учебной работы, в учебном процессе в качестве образовательных технологий используются традиционная и технология информационно-проектного обучения, позволяющая студенту в процессе обучения самому выбирать формируемые компетенции и личностные качества, тем самым проектируя для себя образовательный процесс.

Учебные занятия проводятся в виде лекций и лабораторных занятий

Лекции проводятся в виде:

- обзорных – для систематизации и закрепления знаний по дисциплине
- информационных – для ознакомления со стандартами и справочной информацией
- проблемных – для развития исследовательских навыков и изучения способов решения задач.

Лекции проводятся в поточных аудиториях с применением компьютерных презентаций. Концептуальную основу лекционно-семинарской технологии составляют принципы педагогики: научности, последовательности и систематичности, доступности, прочности, сознательности и активности, наглядности, связи теории с практикой, учета индивидуальных особенностей студентов.

На практических занятиях применяются как активные, так и интерактивные методы обучения, которые в отличие от активных методов, ориентированы на более широкое взаимодействие студентов не только с преподавателем, но и друг с другом и на доминирование активности студентов в процессе обучения.

Кроме того, на лабораторных занятиях используется технология педагогики сотрудничества преподавателя со студентами, в основе которой следующие целевые ориентации: переход от педагогики требований к педагогике отношений, гуманно-личностный подход к студенту, единство обучения и воспитания.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Аксенова, Е. Н. Общая физика. Колебания и волны (главы курса) : учебное пособие / Е. Н. Аксенова. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 72 с. — ISBN 978-5-8114-2910-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/103055> (дата обращения: 12.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Зисман, Г. А. Курс общей физики : учебное пособие : в 3 томах / Г. А. Зисман, О. М. Тодес. — 8-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, [б. г.]. — Том 1 : Механика. Молекулярная физика. Колебания и волны — 2019. — 340 с. — ISBN 978-5-8114-4101-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/115200> (дата обращения: 12.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Оптика: учебное пособие / А.А. Маскевич. - М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. знание, 2012. - 656 с.: ил. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-005678-4 Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=306513>
2. Никеров, В. А. Физика для вузов: Механика и молекулярная физика [Электронный ресурс] : Учебник / В. А. Никеров. - М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2012. - 136 с. - ISBN 978-5-394-00691-3.
3. Оптика: учебное пособие / А.А. Маскевич. - М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. знание, 2012. - 656 с.: ил. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-005678-4
4. Электродинамика и распространение радиоволн: учебное пособие / А.А. Кураев, Т.Л. Попкова, А.К. Сеницын. - М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. знание, 2013. - 424 с.: ил. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-006211-2
5. Бехтерев, А. Н. Колебательные состояния в конденсированном углероде и наноуглероде [Текст] : монография / А. Н. Бехтерев. - Магнитогорск : [Изд-во МаГУ], 2007. - 211 с. - Библиогр.: с. 161-181. - ISBN 978-5-86781-542-4.
6. Кикоин, А. К. Молекулярная физика [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. К. Кикоин, И. К. Кикоин. - 3-е изд., стер. - СПб. [и др.] : Лань, 2007. - 480 с. : ил. - (Классическая учебная литература по физике). - Доп. НМС. - ISBN 978-5-8114-0737-8.
7. Трофимова Т. И. Курс физики. Колебания и волны. Теория, задачи и решения [Текст] : Учеб. пособие для вузов / Т. И. Трофимова, А. В. Фирсов. - М. : Академия, 2003. - 254 с. : ил. - (Высшее образование). - ISBN 5-7695-1313-6.
8. Фриш, С. Э. Курс общей физики. В 3 т. Т. 1. Физические основы механики. Молекулярная физика. Колебания и волны [Текст] : учебник для вузов / С. Э. Фриш, А. В. Тиморева. - 12-е изд., стер. - СПб. [и др.] : Лань, 2007. - 470 с. : ил. - (Классическая учебная литература по физике). - ISBN 978-5-8114-0663-0.

в) Методические указания:

в приложении 1

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Mozilla Firefox	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Yandex	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Adobe Reader	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Maple 14 Classroom License	К-113-11 от 11.04.2011	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
----------------	--------

Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа. Оснащение: доска, мультимедийный проектор, экран.

Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: доска, мультимедийный проектор, экран.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся. Оснащение: персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и доступом в электронную образовательную среду университета.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Оснащение: шкафы для хранения учебно-методической документации, учебного оборудования и учебно-наглядных пособий.

Приложение 1

«Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся»

При выполнении домашнего задания рекомендуется следовать следующему общему алгоритму:

1. Проработать конспект лекции на предмет выявления непонятных моментов те-мы.
2. В случае наличия непонятных моментов сформулировать вопросы.
3. Найти и изучить дополнительный материал по теме, используя рекомендованную литературу и электронные ресурсы учебных пособий в сети Интернет.
4. Ответить на возникшие в ходе изучения темы вопросы.
5. Выписать трактовок основных понятий, законов, принципов и т.п. по теме лекции.
6. Из перечня вопросов к зачету выбрать те, которые отражают содержание лекции.
7. Найти ответы на эти вопросы в тексте лекций и дополнительном материале.
8. Оформить материал в письменном виде

Примерные аудиторские контрольные работы (АКР):

АКР №1 «Распространение электромагнитных волн в изотропных средах».

1. Вывести волновое уравнение для электромагнитной волны в однородной изотропной среде для напряженностей и потенциалов электромагнитного поля в кулоновской калибровке.
2. Показать, что диэлектрическая проницаемость газа свободных электронов в переменном электрическом поле равна

$$\varepsilon(\omega) = 1 - \frac{\omega_L^2}{\omega^2}, \text{ где } \omega_L \text{ – частота Ленгмюра. Что происходит с электромагнитными волнами при } \varepsilon < 0?$$

3. Найти дисперсионную формулу, то есть зависимость $n(\omega)$ для прозрачной и немагнитной ($\mu = 1$) среды, если известно, что групповая скорость обратно пропорциональна фазовой.

4. В однородной, прозрачной и недиспергирующей среде ($\varepsilon = 1, \mu = 1$) распространяется в направлении оси z электромагнитный импульс, который первоначально имел форму $f_0(z, t = 0) = 1/(\sqrt{2\pi}\delta) \cdot \exp(-z^2/2\delta^2)$.

Определить форму импульса $f(z, t)$ в любой последующий момент времени.

АКР №2 «Распространение электромагнитных волн в анизотропных средах».

1. Построить по Гюйгенсу волновые фронты и направления распространения обыкновенного и необыкновенного лучей в положительном одноосном кристалле, оптическая ось которого перпендикулярна к плоскости падения и параллельна поверхности кристалла.

2. Электромагнитная волна падает под углом θ на плоскую поверхность полубесконечного кристалла, оптическая ось которого перпендикулярна поверхности кристалла. Определить направление распространения обыкновенного и необыкновенного лучей в кристалле.

3. На пути частично поляризованного пучка света поместили николю. При повороте николя на угол 60 градусов из положения, соответствующего максимуму пропускания света, интенсивность прошедшего света уменьшилась в 3 раза. Найти степень поляризации падающего света.

4. На кристаллическую фазовую пластинку ($n_o = 1.623, n_e = 1.656$) с оптической осью, параллельной граням пластины, и толщиной $d = 4.55$ мкм нормально падает монохроматический циркулярно поляризованный пучок света с $\lambda_0 = 0.6$ мкм. Определить состояние поляризации пучка света, вышедшего из пластины.

АКР №3 «Распространение электромагнитных волн в неоднородных средах».

1. Оценить глубину скин-слоя для меди ($\sigma = 5,8 \cdot 10^7 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$) для излучения с частотой $\omega = 10^{11} \text{ с}^{-1}$.
2. Определить длину волны излучения, при которой становятся прозрачными металлы, например (а) медь, (б) натрий.
3. Определить затухание электромагнитных волн в среде при полном внутреннем отражении.
4. Плоско поляризованная волна падает нормально на поверхность немагнитной среды, имеющей диэлектрическую проницаемость ε и проводимость σ . Найти коэффициент отражения R . Рассмотреть предельный случай хорошего проводника.

Примерные индивидуальные домашние задания (ИДЗ):

ИДЗ №1 «Распространение электромагнитных волн в изотропных средах».

1. Вывести волновое уравнение для электромагнитной волны в однородной изотропной среде для напряженностей и потенциалов электромагнитного поля в калибровке Лоренца.

2. В однородной, прозрачной и недиспергирующей среде ($\varepsilon = 1, \mu = 1$) распространяется в направлении оси x электромагнитный импульс, который в точке $x = 0$ определяется уравнением

$$f_0(x = 0, t) = \begin{cases} a \exp(-i\omega_0 t) & (|t| < T/2) \\ 0 & (|t| > T/2) \end{cases}. \text{ Найти спектральную плотность этого импульса.}$$

3. Волновой пакет длиной ℓ входит в среду с дисперсией

$$\omega(k) = \omega_0 + v_g \cdot (k - k_0) + \frac{a^2}{2} (k - k_0)^2.$$

Оценить его размер после прохождения слоя толщиной d .

ИДЗ №2 «Распространение электромагнитных волн в анизотропных средах».

1. Найти амплитуду электрического поля удвоенной частоты, образуемого в кристалле с нелинейной поляризуемостью при прохождении через него световой волны, амплитуда которой E , а частота ω . Ограничиться случаем, когда волны линейно поляризованы и распространяются в одном направлении. Нелинейность считать слабой и отражением на границе кристалла пренебречь.

2. Среда состоит из упруго связанных заряженных частиц, коэффициенты упругости которых различны в трех направлениях. Концентрация частиц N . Найти тензор диэлектрической проницаемости среды.
3. Линейно поляризованный световой пучок падает на поляризатор, вращающийся вокруг оси пучка с угловой скоростью $\omega = 21 \text{ рад/с}$. Найти световую энергию, проходящую через поляризатор за один оборот, если поток энергии в падающем пучке $\Phi_0 = 4.0 \text{ мВт}$.

ИДЗ №3 «Распространение электромагнитных волн в неоднородных средах».

1. Вдоль плоской границы раздела двух диэлектриков, имеющих противоположные по знаку диэлектрические проницаемости ϵ_1 и $-\epsilon_2$, распространяется поверхностная волна, у которой напряженность магнитного поля перпендикулярна направлению распространения (H -волна). Определить закон дисперсии такой волны.
2. При какой частоте в плазме может распространяться чисто электрическая ($H = 0$) продольная волна?
3. Рассматривая процесс рассеяния света прозрачным кристаллическим телом как рассеяние фотонов на фононах, показать, что свет рассеянный под углом θ , кроме несмещенной компоненты, содержит две смещенные линии с частотами $\omega_{1,2} = \omega \left(1 \pm 2 \frac{v}{c} \sin \frac{\theta}{2} \right)$, где ω – частота падающего света, v – скорость звука, c – скорость света в данном веществе. Полагать вектор обратной решетки равным нулю.

Приложение 2
«Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации»

а) По данной дисциплине предусмотрены различные виды контроля результатов обучения: текущий контроль (проверка выполнения заданий, конспектов лекций), промежуточный контроль в виде тестирования по разделу и итоговый контроль в виде зачета с оценкой.

Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции	Оценочные средства
<p>ПК-2: Способен планировать и проводить экспериментальные и теоретические исследования процессов и явлений в физике конденсированного состояния</p>	<p>ПК-2.1: Способен осуществлять проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований в области физики конденсированного состояния</p>	<p>Перечень теоретических вопросов к зачету с оценкой:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Уравнения Максвелла для волн в веществе. Материальные уравнения. Волновое уравнение. 2. Плоские, сферические и цилиндрические монохроматические волны в изотропной среде. 3. Поляризация волн. Вращение плоскости поляризации. Частичная поляризация. 4. Спектральное разложение. Волновой пакет. Групповая скорость. 5. Классическая электронная теория дисперсии. Аномальная дисперсия. 6. Дисперсия в металлах и плазме. 7. Показатель преломления рентгеновских лучей. 8. Дисперсия в ионных кристаллах. Ориентационная дисперсия. 9. Двойное лучепреломление. Плоские монохроматические волны в анизотропной среде. Одноосные кристаллы. Преломление на границе анизотропной среды. 10. Построение Гюйгенса. Поляризационные призмы и поляроиды. Искусственная анизотропия. Эффект Керра. 11. Физический механизм анизотропии ферритов. Уравнение движения намагниченности. Тензор магнитной проницаемости намагниченного феррита. 12. Уравнения Максвелла в гиротропной среде. Распространение электромагнитных волн в намагниченном феррите. 13. Уравнения Максвелла для волн в неоднородных средах. 14. Отражение и преломление волн на плоской покаящейся и движущейся границе раздела двух сред. 15. Отражение и преломление волн на плоской покаящейся и движущейся границе раздела двух сред. 16. Сильный скин-эффект. Граничные условия Леонтовича. Сопrotивление проводников при сильном скин-эффекте. Скин-эффект в цилиндрическом проводе.
	<p>ПК-2.2: Способен осуществлять выполнение экспериментов и оформление результатов исследований в области физики конденсированного состояния</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вывести волновое уравнение для электромагнитной волны в однородной изотропной среде для напряженностей и потенциалов электромагнитного поля в калибровке Лоренца. 2. В однородной, прозрачной и недиспергирующей среде ($\epsilon = 1, \mu = 1$) распространяется в направлении оси x электромагнитный импульс, который в точке $x = 0$ определяется уравнением $f_0(x=0, t) = \begin{cases} a \exp(-i\omega_0 t) & (t < T/2) \\ 0 & (t > T/2) \end{cases}$ <p>Найти спектральную плотность этого импульса.</p>
		<ol style="list-style-type: none"> 3. Найти амплитуду электрического поля удвоенной частоты, образуемого в кристалле с нелинейной поляризуемостью при прохождении через него световой волны, амплитуда которой E, а частота ω. Ограничиться случаем, когда волны линейно поляризованы и распространяются в одном направлении.

		<p>противоположные по знаку диэлектрические проницаемости ϵ_1 и $-\epsilon_2$, распространяется поверхностная волна, у которой напряженность магнитного поля перпендикулярна направлению распространения (H-волна). Определить закон дисперсии такой волны.</p>
	<p>ПК-2.3: Способен подготовить элементы документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов экспериментальных работ в области физики конденсированного состояния</p>	<p>1. Волновой пакет длиной ℓ входит в среду с дисперсией $\omega(k) = \omega_0 + v_g \cdot (k - k_0) + \frac{a^2}{2} (k - k_0)^2$. Оценить его размер после прохождения слоя толщиной d.</p> <p>2. Линейно поляризованный световой пучок падает на поляризатор, вращающийся вокруг оси пучка с угловой скоростью $\omega = 21$ рад/с. Найти световую энергию, проходящую через поляризатор за один оборот, если поток энергии в падающем пучке $\Phi_0 = 4.0$ мВт.</p> <p>3. При какой частоте в плазме может распространяться чисто электрическая ($H = 0$) продольная волна?</p> <p>4. Рассматривая процесс рассеяния света прозрачным кристаллическим телом как рассеяние фотонов на фононах, показать, что свет рассеянный под углом θ, кроме несмещенной компоненты, содержит две смещенные линии с частотами $\omega_{1,2} = \omega \left(1 \pm 2 \frac{v}{c} \sin \frac{\theta}{2} \right)$, где ω – частота падающего света, v – скорость звука, c – скорость света в данном веществе. Полагать вектор обратной решетки равным нулю.</p>