



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Программа дисциплины «Физика сплошных сред»

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
"Национальный исследовательский университет
"Высшая школа экономики"**

Факультет физики
Базовая кафедра теоретической физики

Рабочая программа дисциплины
Физика сплошных сред

для программы-майно́р
«Мир глазами физиков»
подготовки бакалавров

Разработчик(и) программы:
Вергелес С.С., к.ф.м.н., svergeles@hse.ru

Москва, 2018

Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения подразделения-разработчика программы.



1. Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает минимальные требования к образовательным результатам и результатам обучения студента и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, учебных ассистентов и студентов

2. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Физика сплошных сред» являются:

- формирование у студентов знаний об основах физического описания сплошных сред и о важных экспериментальных фактах, связанных с движением сплошных сред;
- формирование цельной естественнонаучной картины мира;
- формирование общей научной культуры, формирование понимания связи между развитием науки и экспериментальными фактами, лежащими в основе этого развития

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен знать:

- Знать:
 - основные положения теории физики сплошных сред и их экспериментальное подтверждение;
- Уметь:
 - решать задачи по теме курса, понимать взаимосвязь разных физических явлений;
- Иметь навыки (приобрести опыт)
 - применения полученных знаний к решению задач



Формируемые компетенции:

Компетенция	Код по ОС ВШЭ	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)
	УК-5	Способен работать с информацией: находить, оценивать и использовать информацию из различных источников, необходимую для решения научных и профессиональных задач;
	ПК-2	Способен анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы данные и делать научные выводы (заключения);

4. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина относится к вариативному курсу-майноу «Мир глазами физиков», изучаемому студентами нефизических профилей образования НИУ ВШЭ. В соответствии с рабочим учебным планом дисциплина «Физика сплошных сред» читается студентам третьего курса в весеннем семестре.

Количество аудиторных часов 60 в том числе: 30 часов лекций, 30 часов практических занятий. Контроль: накопительная оценка по результатам текущей работы, домашнее задание в конце каждого модуля, итоговый экзамен в форме письменной контрольной работы (теста).

Курс не имеет жёстких прerreквизитов, но желательно знание студентами школьного курса общей физики и наличие навыков математических вычислений (включая интегрирование и дифференцирование). Курс не является обязательным для других дисциплин программы майноу «Мир глазами физиков».



5. Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела	Всего часов	Аудиторные часы				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинары	Практические занятия	Другие виды работы	
1	Течение жидкости. Идеальная и вязкая жидкость. Ламинарные и турбулентные течения. Сопла.		8	8			
2	Волны на поверхности жидкости. Звук в жидкости. Колебания натянутой струны. Музыкальные инструменты.		8	8			
3	Твердые тела. Упругие свойства изотропных твёрдых тел. Звук в телах.		6	6			
4	Строение Земли. Сейсмология. Магнитное динамо во внешнем ядре Земли. Элементы космологии: барионные осцилляции.		8	8			
	Итого:	60	30	30			

Формы контроля знаний студентов:

Тип контроля	Форма контроля	модули		Параметры
		5	6	
Промежуточный	Работа на семинаре	по ходу курса		активность на семинаре при решении задач, ответы у доски
Промежуточный	Домашнее задание	5-7 неделя	12-14 неделя	письменное домашнее задание, обсуждение с семинаристом
Итоговый	Экзамен	-----	15 неделя	письменный экзамен



6. Критерии оценки знаний, навыков

Знания студентов в ходе семестра (промежуточный контроль) оцениваются по результатам работы на семинарах и по результатам контрольной работы. Итоговый контроль знаний осуществляется в формате письменного экзамена.

Работа на семинаре подразумевает активное участие студента в обсуждении тем, в решении задач, выступление у доски при решении задач по курсу. Участие в этой работе оценивается преподавателем семинара по 10-бальной шкале. При посещении менее 75% занятий оценка не может превышать 7, при посещении менее 50% занятий оценка не может превышать 5.

Контрольная работа проводится в середине семестра. Контрольная работа включает тестовую часть, направленную на оценку качественного понимания изучаемых тем, и задачи по курсу. Контрольная работа оценивается по 10-бальной шкале.

Итоговый экзамен в форме письменной контрольной проводится в конце семестра.

Формирование оценки:

Итоговая оценка (ИО) по курсу складывается накопительным образом из оценок за работу в ходе семестра (ОС) и оценку за итоговый экзамен (ОЭ) и равна $ИО = 0.6 \text{ ОС} + 0.4 \text{ ОЭ}$. Итоговая оценка округляется по правилам арифметики (больше 0.5 балла — в большую сторону, меньше 0.5 балла — в меньшую сторону).

Оценка за работу в семестре равна $ОС = 0.6 \text{ Сем} + 0.4 \text{ Кр}$, где Сем – оценка за работу в семестре включая домашнее задание, Кр – оценка за контрольную работу. Оценка за работу в семестре округляется в пользу студентов (в большую сторону).

Экзаменационная контрольная пишется в обязательном порядке.

Перевод в пятибалльную оценку осуществляется в соответствии со следующей таблицей.

Таблица 1 Соответствие оценок по десятибалльной и пятибалльной шкалам.

По десятибалльной шкале	По пятибалльной шкале
1 – неудовлетворительно 2 – очень плохо 3 – плохо	неудовлетворительно – 2
4 – удовлетворительно 5 – весьма удовлетворительно	удовлетворительно – 3
6 – хорошо 7 – очень хорошо	хорошо – 4
8 – почти отлично 9 – отлично 10 – блестяще	отлично – 5

7. Содержание дисциплины

7.1. Содержание лекций

Лекция 1.



Понятие сплошной среды. Уравнение непрерывности. Производные Эйлера и Лагранжа. Уравнение Эйлера. Гидростатика несжимаемой жидкости. Стационарные течения: уравнение Бернулли.

Лекция 2.

Обтекание тел: эксперименты, численные результаты, природные явления. Геометрические типы течений несжимаемой жидкости: потенциальные и вихревые течения. Модель обтекания тела потенциальным течением. Понятие присоединённой массы. Сила Магнуса, подъёмная сила.

Лекция 3.

Вязкие течения. Уравнение Навье-Стокса. Число Рейнольдса. Закон подобия. Ламинарные течения. Обтекание тел при малых числах Рейнольдса. Принцип движения малых организмов в жидкости.

Лекция 4.

Поверхностные гравитационные волны. Закон дисперсии для глубокой воды. Распространение волновых пакетов: понятия фазовой и групповой скоростей. Волны на воде конечной глубины. Волновой след за движущимся кораблём.

Лекция 5.

Неустойчивости в течениях: неустойчивость Кельвина-Гельмгольца. Случайные течения при слабом превышении порога неустойчивости. Трёх-мерное турбулентное течение: понятие о каскаде энергии и степенных корреляционных функциях. Турбулентный след и ламинарный след. Демонстрация природных явлений, в основе которых лежат обсуждаемые физические феномены.

Лекция 6-7.

Сжимаемая жидкость. Распространение линейных звуковых волн. Затухание звуковых волн за счёт вязкости и теплопроводности. Колебания натянутой струны. Принцип работы духовых и струнных музыкальных инструментов. Человеческий голос: принцип извлечения гласных звуков – пение в тон и форманты. Типы микрофонов. Работа узи-аппарата.

Лекция 8.

Приближение эйконала для распространения волн. Распространение линейных звуковых волн в неоднородной среде: распространение звука “против ветра” над поверхностью земли, в атмосферах с отрицательным и положительным вертикальным градиентом температуры. Распространение звука в мировом океане. Феномен шепчущей галереи. Затухание звука в звуковой трубе из-за трения о стенки за счёт вязкости. Работа фонендоскопа.

Лекция 9.

Одномерное течение сжимаемого газа. Нелинейные звуковые волны. Волна Римана. Ударные волны. Слабо-нелинейные волны: закон ослабления звуковой волны вследствие нелинейных процессов. Ширина фронта. Уравнение Бюргерса. Число Маха. Сильный взрыв.



Лекция 10.

Течение газа по трубе переменного сечения. Эжекторные насосы. Сопла. Сопло Лаваля. Преодоление звукового порога. Оптимизация работы сопла.

Лекция 11.

Упругие свойства твёрдого изотропного тела. Основные уравнения теории упругости. Тензор деформаций. Тензор упругих напряжений. Термодинамика деформаций. Продольные деформации. Кручение. Изгиб. Дислокации. Волны в твёрдых телах. Поверхностные волны. Внутреннее строение Земли. Землетрясения.

Лекция 12-13.

Сведения о свойствах и движении литосферных плит. Механизмы, приводящие к землетрясениям. Внутреннее строение Земли. Измерение параметров землетрясений. Демонстрация моделирования процесса приёма сигнала от землетрясения. Статистика землетрясений. Закон Гутенберга-Рихтера. Качественно-размерное объяснение закона Гутенберга-Рихтера. Оценка скорости движения литосферных плит через определение движения мантии.

Лекция 14.

Внешнее ядро Земли. Магнитное поле Земли и его роль в защите Земли от солнечного ветра. Магнитосфера Земли. Магнитное динамо. Динамика магнитного момента Земли.

Лекция 15.

Течения во внешнем ядре Земли. Двумеризация трёх-мерного течения вследствие вращения Земли. Двумерная турбулентность. Сравнение двумерного и трёх-мерного турбулентного течения. След Кармана за обтекаемым препятствием двумерным потоком, демонстрация природных явлений. Формирование когерентных вихрей в двумерном турбулентном потоке.

Лекция 16.

Реликтовое излучение. Анизотропия реликтового излучения. Характерный масштаб во Вселенной. Релятивистская гидродинамика. Скорость звука в ультра релятивистском газе. Барийонные акустические осцилляции.

7.2. Содержание практических занятий

синхронизовано с лекционным курсом

8. Образовательные технологии

Выполнение заданий, предлагаемых на практических занятиях, предполагает, в том числе, и самостоятельное изучение материала, связанного с темой лекции.

8.1 Методические рекомендации преподавателю

нет

8.2 Методические рекомендации студентам

нет



9. Оценочные средства для текущего контроля и аттестации студента

9.1 Контрольная работа

Пример задач домашней работы

Прибор для демонстрации интерференции звука имеет сначала два одинаковых – верхний и нижний – звукопровода. На какое минимальное расстояние l нужно опустить нижний звукопровод, чтобы максимально ослабить звучание рупора В на частоте $\nu = 100\text{Hz}$. Скорость звука $c = 330\text{m/s}$.

Доплеровский сдвиг частоты при отражении ультразвукового импульса от движущихся эритроцитов равен 5Hz . Частота излучения УЗ-сигнала равна 10^5 Hz . Скорость распространения ультразвука $c = 1500\text{m/s}$. Оцените скорость кровотока в сосуде, если угол между направлением УЗ-импульса и направлением движения эритроцитов $\theta = \pi/4$

9.2 Вопросы для оценки качества освоения дисциплины

Примеры задач экзамена:

Концы стального прута длины 10 м закреплены, так что могут считаться неподвижными. Такой прут можно использовать для извлечения звука. Какова частота звучания основной моды (с самой низкой частотой) такого прута? Скорость распространяющегося по пруту звука (поперечных звуковых колебаний) в стали равна 3200 м/с .

Из-за обрушения пород на отвесном берегу реки на поверхности воды была возбуждена группа гравитационных волн, распространяющихся от берега. Характерная длина волны оказалась равной 1 м . Через какое время после возбуждения волны достигнут противоположного берега, если ширина реки равна 50 м ? Считайте, что влияние дна на распространение волн несущественно

10. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

10.1 Базовый учебник

Базового учебника на весь курс нет. Литература, частично покрывающая курс:

Фалькович Г. Современная гидродинамика. Краткий курс. НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика» - 2014 ISBN: 978-5-93972-977-2

10.2 Основная литература

Электронные конспекты лекций и слайды презентаций будут доступны для студентов.

10.4 Справочники, словари, энциклопедии

10.5 Программные средства

пакет OpenOffice или другой для подготовки презентаций

10.6 Дистанционная поддержка дисциплины

Размещение он-лайн презентаций курса

11. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционная аудитория с проектором. Доска с мелом для семинаров.