

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет
Кафедра теоретической физики**



**Рабочая программа дисциплины
ФИЗИКА СПЛОШНЫХ СРЕД**

направление подготовки: **03.03.02 Физика**
направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения: **Очная**

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Прием заданий			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	144	32	48	16	24	18	4			2
Всего 144 часа / 4 зачётных единицы, из них: - контактная работа 102 часа										
Компетенции: ОПК-1										

Ответственный за образовательную программу,
д.ф.-м.н., проф.

С.В. Цыбуля

Новосибирск, 2022

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	4
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.	5
4. Структура и содержание дисциплины	5
5. Перечень учебной литературы.....	8
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.....	9
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	9
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	9
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	10
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	10

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Дисциплина (курс) «Физика сплошных сред», далее ФСС, имеет своей целью ознакомить студентов с фундаментальными явлениями линейной электродинамики сплошных сред, гидродинамики и теории упругости, а также понятиями и теоретическими методами, применяемыми в физике сплошных сред. В частности, целью является ознакомление студентов с основными уравнениями трёх разделов физики сплошных сред, типами граничных условий, и методами решения стандартных задач, возникающих в процессе подготовки физических экспериментов и конструирования физических установок. Курс должен служить основой для последующих спецкурсов профильных выпускающих кафедр.

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<p>ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-1.1. Применяет математический аппарат, теоретические и методологические основы математических дисциплин для решения профессиональных задач в области физики и смежных с ней областях.</p> <p>ОПК -1.2. Использует теоретические основы базовых разделов математических и естественнонаучных дисциплин при решении профессиональных задач в области физики и смежных с ней областях.</p>	<p>Знать: основные математические модели, уравнения и граничные условия, которые применяются в физике сплошных сред, физические явления, которые описываются в рамках моделей сплошных сред в электродинамике, гидродинамике и теории упругости, и некоторые базовые (главным образом линейные) методы, необходимые для работы с этими типами моделей.</p> <p>Уметь: применять эти модели и методы для оценки оптических свойств анизотропных сред с дисперсией, для описания устойчивости, малых колебаний и распространения волн в газах, идеальных и вязких жидкостях, а также в изотропных упругих средах. Решать стандартные задачи ФСС методом линеаризации и анализа Фурье.</p> <p>Владеть: методами нахождения диэлектрической проницаемости и оптических свойств среды по известным законам движения носителей зарядов, методами описания распространения звука в жидких и упругих средах, решения одномерных задач течения вязкой жидкости и простых деформаций упругих тел.</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Курс относится к циклу общефизических дисциплин и реализуется в осеннем семестре 3-го курса для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки **03.03.02 Физика**. В результате прохождения курса студенты отделения общей и фундаментальной физики физического факультета должны овладеть основными понятиями и методами физики сплошных сред. Для успешного освоения курса необходимо знание основ линейной алгебры, математического анализа, теории функций комплексной переменной, методов математической физики, также необходимо умение применять эти знания при решении задач. Необходимость владения указанными математическими навыками обусловлена тем обстоятельством, что они составляют основу математических моделей, применяемых в курсе ФСС – систем дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих векторные и тензорные поля.

Первая часть курса ФСС, линейная электродинамика сплошных сред, фактически является продолжением курса «Электродинамика и оптика» кафедры общей физики, изучаемого студентами в третьем и четвёртом семестрах. Поэтому освоение этого курса является одной из основных предпосылок для изучения ФСС. Совершенные математические модели для описания высокочастотных электромагнитных полей, вводящиеся в рамках курса ФСС, позволяют рассматривать широкий круг явлений, связанный с частотной и пространственной дисперсией, а также распространением волн в анизотропных средах. Поэтому первая часть курса может служить основой для последующих спецкурсов по оптическим методам, и, в частности, по электродинамике плазмы. Вторая и третья части курса ФСС, гидродинамика и теория упругости, в значительной мере используют знания, получаемые студентами в рамках курсов кафедры общей физики «Механика и теория относительности» и «Молекулярная физика». При построении основных математических моделей движения сплошных сред используются как знания законов сохранения из курса механики – массы, импульса, энергии, так и представление о локальном термодинамическом равновесии и термодинамических потенциалах из курса термодинамики. Ещё одной важной, хотя и не критической, предпосылкой является курс «Аналитическая механика» кафедры теоретической физики. Знания из этого курса используются при описании многих конкретных явлений, например, тензор инерции используется при выводе уравнений колебаний тонких стержней в теории упругости. Часть «гидродинамика» курса ФСС служит основой соответствующих спецкурсов кафедр физики неравновесных процессов, физики сплошных сред, физики плазмы. Теория упругости, по-видимому, не имеет прямого продолжения среди теоретических курсов физического факультета, однако она является важнейшей теоретической основой, используемой в спецкурсах по конструкционным материалам для физических установок и экспериментов. Курс ФСС, читаемый в пятом семестре для подготовки бакалавров, по необходимости ограничен построением основных моделей и изучением линейных задач.

3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Прием заданий			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	144	32	48	16	24	18	4			2
Всего 144 часа / 4 зачётных единицы, из них: - контактная работа 102 часа										
Компетенции: ОПК-1										

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, задачи для самостоятельного решения, консультации, самостоятельная работа студента, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: решение задач из задания для самостоятельного решения

Промежуточная аттестация: экзамен

Общая трудоёмкость рабочей программы дисциплины составляет **144** академических часов/4 зачетных единиц:

- занятия лекционного типа – 32 часа;
- практические занятия – 48 часов;
- прием заданий – 16 часов;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 24 часа;
- промежуточная аттестация (подготовка к сдаче экзамена, консультация и экзамен) – 24 часа;

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, групповые консультации, экзамен) составляет 102 часа.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины «Физика сплошных сред» составляет 4 зачетные единицы/144 академических часа.

Материал лекционного курса увязывается с передовыми исследованиями всюду, где это допускается уровнем знаний и подготовки студентов. Специально указываются темы, активно обсуждаемые в текущей профессиональной научной литературе. Все практические занятия проводятся в интерактивной форме. Каждый студент группы решает задачи (примеры заданий приведены в разделе 10), при этом преподаватель отслеживает ход решения каждого студента и корректирует его индивидуально по мере необходимости. Практикуется коллективное обсуждение решений, когда студент пытается донести одноклассникам правильность своего решения (отличного от их решения). Умение сходу отвечать на вопросы сокурсников и преподавателя развивает профессиональные навыки, которые будут незаменимы в дальнейшей профессиональной деятельности. Важным элементом является еженедельный «приём заданий», на кото-

ром происходит индивидуальное обсуждение задач с каждым студентом. Это позволяет вовремя выявлять и исправлять недопонимание тех или иных теоретических вопросов.

№ п/п	Раздел дисциплины, основное содержание лекций	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Консультации перед экзаменом (часов)	Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы			Сам. работа во время занятий (не включая)	Сам. работа во время промежуточной аттестации		
				Лекции (кол-во часов)	Практические занятия (кол-во часов)	Прием заданий				
1	Электродинамика сплошных сред. Уравнения Максвелла для сплошной среды. Материальное уравнение. Операторы проводимости и диэлектрической проницаемости в Фурье-представлении.	1	6	2	3		1			
2	Дисперсионное уравнение. Анализ волновых свойств среды (на примере газа осцилляторов). Асимптотика диэлектрической проницаемости при больших частотах. Частотная и пространственная дисперсия.	2	8	2	3	1	2			
3	Свойства симметрии тензора диэлектрической проницаемости в изотропных и зеркально-изомерных средах. Естественная оптическая активность. Одноосные кристаллы. Эффект Керра.	3	8	2	3	1	2			
4	Магнитооптические эффекты (Фарадея, Коттона-Мутона). Аналитические свойства диэлектрической проницаемости. Теорема Крамерса-Кронига. Правило сумм.	4	8	2	3	1	2			
5	Электромагнитные волны в среде с частотной дисперсией. Предвестник. Связь тензора диэлектрической проницаемости с параметрами ϵ , μ и σ квазистатической электродинамики.	5	8	2	3	1	2			
6	Диссипация энергии волны. Энергия волны. Поток энергии волны. Импульс волны.	6	7	2	3	1	1			
7	Переходное излучение. Черенковское излучение.	7	7	2	3	1	1			
8	Гидродинамика. Уравнения идеальной гидродинамики, тензор плотности потока импульса. Приближение несжимаемой жидкости. Лагранжевы координаты. Теорема Бернулли.	8	6	2	3		1			
9	Скорость истечения идеального газа в вакуум. Теорема Томсона. Потенциальное течение. Потенциальное обтекание тела.	9	8	2	3	1	2			
10	Присоединенная масса. Вихревое течение, эволюция завихренности и динамика тонких вихрей. Звук. Энергия и импульс звуковой волны.	10	8	2	3	1	2			
11	Волны на разделе сред. Капиллярные и гравитационные волны. Неустойчивости Рэлея-Тейлора и тангенциального разрыва. Ветер и волны.	11	8	2	3	1	2			
12	Вязкая жидкость, вязкий тензор напряжений, уравнение Навье-Стокса. Закон подобия, число Рейнольдса. Уравнение теплопереноса.	12	8	2	3	1	2			

№ п/п	Раздел дисциплины, основное содержание лекций	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Консультации перед экзаменом (часов)	Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы			Сам. работа во время занятий (не включая)	Сам. работа во время промежуточной аттестации		
				Лекции (кол-во часов)	Практические занятия (кол-во часов)	Прием заданий				
13	Теория упругости. Тензор деформаций, деформации сдвига и всестороннего сжатия. Тензор напряжений. Закон Гука для изотропных тел. Простые деформации. Энергия деформации.	13 - 14	14	4	6	2	2			
14	Звук в твердом теле. Продольные колебания стержней. Изгиб стержней.	15	8	2	3	2	1			
15	Поперечные колебания стержней. Устойчивость опор по Эйлеру. Кручение стержней.	16	8	2	3	2	1			
16	Самостоятельная работа в период подготовки к промежуточной аттестации		18				18			
17	Экзамен		6					4	2	
	Всего		144	32	48	16	24	18	4	2

Программа практических занятий (48 часов)

Занятие (каждое занятие – 2 часа)*
Тензоры. Усреднение тензоров по изотропному распределению (1-1{1}). Элементарные тензорные соотношения. Конструирование тензорных величин из соотношений тензорной размерности.
Дифференциальные операторы и уравнения Максвелла в Фурье-представлении. Найти поле равномерно движущегося заряда разложением по плоским волнам, в т.ч. найти ток точечного заряда, его Фурье-образ и физическую размерность дельта-функций (1-2{2}).
Анализ волновых свойств среды на примере холодной плазмы. Тензор диэлектрической проницаемости холодной плазмы в магнитном поле (2-3{5}).
Ленгмюровская и электромагнитная волны в холодной плазме без магнитного поля (2-4{6}). Граничные условия. Отражение и преломление волн: откуда получается равенство ω и k_x , как находим углы отражения и преломления.
Поверхностная волна на границе холодной плазмы и вакуума (общая схема решения).
Поверхностная волна (2-13{13}). Угол Брюстера, структура поверхностной волны в предельных случаях.
Одноосные кристаллы: угол преломления необыкновенной волны, направление вектора Пойнтинга в необыкновенной волне, поворот плоскости поляризации волны при нормальном падении из вакуума на одноосный кристалл (2-10{10}, 2-11{11}, 3-8{24}).
Диэлектрическая проницаемость холодной плазмы со столкновениями. Скин-эффект: найти глубину проникновения электромагнитной волны в холодную столкновительную плазму как функцию частоты, построить график. Заряд в одноосном кристалле (2-6{7}).

Эффекты Фарадея (3-6{22}, 3-7{23}) и Коттона-Мутона на примере холодной плазмы с неподвижными ионами.
Формула Крамерса-Кронига для проводников. Восстановление $\varepsilon(\omega)$ по мнимой части (4-2{26}). Нахождение функции отклика среды (4-1{25}).
Энергия ленгмюровской волны в холодной плазме: прямое вычисление и нахождение по тензору диэлектрической проницаемости (2-15{15}). Диэлектрическая проницаемость движущейся плазмы.
Энергия ленгмюровской волны в движущейся плазме. Объяснение отрицательной энергии. Черенковское излучение кильватерной волны.
Лагранжевы координаты. Опрокидывание ленгмюровской волны конечной амплитуды (7-6{50}). Разлет шара заряженных частиц (7-4{48}). Что изменится, если частицы притягиваются?
Сила, действующая на изогнутый участок трубы (7-7{51}). Распределение давления в равномерно вращающемся стакане.
Распределение скорости жидкости при потенциальном обтекании шара. Частота колебаний шара на пружинке в жидкости (7-19{58}), закон всплывания пузырька. Распределение давления при потенциальном обтекании шара.
Звук: отражение от раздела двух сред, средняя сила на границу раздела (задача 10-3{78}). Уравнение звуковой волны в движущейся жидкости.
Собственные колебания газа в вертикальной трубе (10-4{79}).
Радиационное затухание колебаний пузырька в жидкости (8-6{67}).
Гравитационные волны на поверхности жидкости: число колебаний поплавок (7-11{53}), дисперсионное соотношение для мелкой воды.
Вязкая жидкость: течение Пуазейля, течение по наклонной плоскости. Вязкостное затухание колебаний пузырька.
Закон Гука и простые деформации. Деформация кубика в жесткой полости (13-1{91}). Найти форму упругого кубика, поставленного на гладкий стол (без трения) в поле тяжести. Задача об удлинении кабеля, который волокут по земле с трением в поле тяжести.
Задача о горизонтально заделанном стержне (13-6{94}).
Упругие волны: углы отражения и преломления, амплитуды волн при отражении от твердой границы (13-2{90}). Сколько будет вторичных волн и из каких условий их искать для границ разного вида.
Устойчивость стержней: найти предел устойчивости при различных граничных условиях.

* в круглых скобках дана нумерация по задачнику [Векштейн Г.Е. *Физика сплошных сред в задачах*. М: Институт компьютерных исследований, 2002], в фигурных скобках – по изданию 1989 года.

Самостоятельная работа студентов (42 часа)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к практическим занятиям.	10
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	14
Подготовка к экзамену	18

5. Перечень учебной литературы.

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. — Изд. 3-е, перераб. — 1986. — 736 с.: ил. — (Теоретическая физика, т. VI).
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости. — Изд. 4-е, испр. и доп. — 1987. — 244 с.: ил. — (Теоретическая физика, т. VII).
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — 1982. — 620 с.: ил. — («Теоретическая физика», том VIII).
4. Векштейн Г.Е. Физика сплошных сред в задачах: [учебное пособие]. — Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 1991. — 171 с.: ил.
5. Лотов К.В. Физика сплошных сред: учебное пособие: [для студентов физического факультета НГУ]. — М-во образования и науки РФ, Новосиб. гос. ун-т, Физ. фак. — 2-е изд., испр. и доп. — Новосибирск: Издательско-полиграфический центр НГУ, 2018. — 135 с.: ил.
6. Седов Л.И. Механика сплошной среды, тт. I, II. М: Наука, 1983-1984.
7. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике, вып. 5 – 7, Мир, Москва (1966).
8. Батыгин В.В., Топтыгин И.Н., Сборник задач по электродинамике. — 3-е изд., испр. — Москва: Регуляр. и хаотич. динамика, 2002. — 639 с.: ил.
9. Ландсберг Г.С. Оптика. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва: Наука, 1976. — 926 с.: ил.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. — Изд. 3-е, перераб. — 1986. — 736 с.: ил. — (Теоретическая физика, т. VI).
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости. — Изд. 4-е, испр. и доп. — 1987. — 244 с.: ил. — (Теоретическая физика, т. VII).
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — 1982. — 620 с.: ил. — («Теоретическая физика», том VIII).

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используются.

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется на практических занятиях путем отслеживания преподавателем хода решения задач каждым студентом и в форме интерактивного приема задач из задания. В течение каждого семестра проводится прием заданий. Результаты текущего контроля служат основанием для выставления оценок в ведомость контрольной недели на факультете, а решение, и сдача всех задач из задания является необходимым условием получения положительной оценки на экзамене.

Промежуточная аттестация.

Для контроля усвоения дисциплины учебным планом предусмотрен экзамен в конце семестра. Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

Освоение компетенции оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ОПК-1 сформирована не ниже порогового уровня в части,

относящейся к формированию способности использовать специализированные знания в области физики сплошных сред в профессиональной деятельности.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на экзамене. Экзамен проводится в конце семестра в экзаменационную сессию по билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ОПК-1.

Вывод об уровне сформированности компетенции принимается преподавателем. Каждый вопрос билета оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда компетенция освоена не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
ОПК-1.1. Применяет математический аппарат, теоретические и методологические основы математических дисциплин для решения профессиональных задач в области физики и смежных с ней областях.	Знать: основные математические модели, уравнения и граничные условия, которые применяются в физике сплошных сред, физические явления, которые описываются в рамках моделей сплошных сред в электродинамике, гидродинамике и теории упругости, и некоторые базовые (главным образом линейные) методы, необходимые для работы с этими типами моделей.	Опрос Контрольная работа Экзамен.
ОПК -1.2. Использует теоретические основы базовых разделов математических и естественнонаучных дисциплин при решении профессиональных задач в области физики и смежных с ней областях.	Уметь: применять эти модели и методы для оценки оптических свойств анизотропных сред с дисперсией, для описания устойчивости, малых колебаний и распространения волн в газах, идеальных и вязких жидкостях, а также в изотропных упругих средах. Решать стандартные задачи ФСС методом линеаризации и анализа Фурье. Владеть: методами нахождения диэлектрической проницаемости и оптических свойств среды по известным законам движения носителей зарядов, методами описания распространения звука в жидких и упругих средах, решения одномерных задач течения вязкой жидкости и простых деформаций упругих тел.	Опрос Контрольная работа Экзамен.

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Физика сплошных сред».

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ОПК-1.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ОПК-1.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.

10.3 Примеры заданий, решаемых на практических занятиях (курсивом выделены задачи повышенной сложности)

ЗАДАНИЕ №1

1. Найти среднее по времени значение тензора $E_{\alpha}(t)B_{\beta}(t-\tau)$ для электромагнитной волны с левой круговой поляризацией в вакууме. Амплитуда волны E , волновый вектор k , и фаза запаздывания $\phi=kc\tau$, заданы. Как изменится ответ для линейно поляризованной волны?
2. Найти диэлектрическую проницаемость однородного электролита с положительными ($s=1$) и отрицательными ($s=2$) ионами, если известно, что плотность потока частиц сорта s имеет вид $\mathbf{j}^s=n^s b^s q^s \mathbf{E}-D^s \nabla n^s$, где q^s - заряд, b^s - подвижность, D^s - коэффициент диффузии, n^s - концентрация ионов, причём отношение $D^s/b^s=kT$ зависит только от температуры. Найти поле неподвижного точечного заряда в такой среде. Указание: можно воспользоваться диэлектрической проницаемостью и решением задачи 8 из [4] или найти стационарное распределение плотности ионов вблизи стороннего заряда и решить задачу электростатики).
3. Плоская монохроматическая электромагнитная волна с круговой поляризацией падает по нормали на плоскую поверхность одноосного кристалла с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon_{\alpha\beta}=2.25\delta_{\alpha\beta}+9.75h_{\alpha}h_{\beta}$. Под каким углом к нормали направлена ось кристалла h , если известно, что отражённая волна имеет эллиптическую поляризацию с отношением осей 17:35?

ЗАДАНИЕ №2

4. Пучок линейно поляризованного света с частотой ω входит в водный раствор сахара, который вращает плоскость поляризации с постоянной $\alpha=30$ град/см . После прохождения в растворе расстояния $L=100$ см из-за разницы в поглощении свет стал эллиптически поляризованным с отношением осей равным 3. Какой будет поляризация, когда свет пройдет ещё такое же расстояние?
5. Во внешнем электрическом поле изотропная среда приобретает оптические свойства одноосного кристалла (эффект Керра), причём тензор диэлектрической проницаемости имеет вид $\epsilon_{\alpha\beta}=\epsilon\delta_{\alpha\beta}+\alpha E_{\alpha}E_{\beta}$. Вычислить константу α для воды, если после прохождения через кювету длины $L=75$ см, помещенную в поперечное поле $E=30$ кВ/см, линейно поляризованный свет с длиной волны $\lambda=5000$ Å приобрёл круговую поляризацию. Указать ориентацию поляризации исходной волны относительно внешнего электрического поля.
6. В некоторой среде плотность тока связана с напряженностью электрического поля соотношением $\mathbf{j}(\mathbf{r},t)=\int_0^{\infty} \sigma(\tau)\mathbf{E}(\mathbf{r},t-\tau)d\tau$. Можно ли утверждать, (1) что эта среда изотропная, (2) обладает пространственной и (3) частотной дисперсией? Найти функцию отклика $\sigma(\tau)$ для газа осцилляторов, если известен его тензор диэлектрической проницаемости $\epsilon_{\alpha\beta}(\omega)= [1-\omega_p^2/(\omega^2+2i\gamma\omega-\omega^2)]\delta_{\alpha\beta}$, где ω_p , γ , ω - константы, причём $\gamma \ll \omega$, $\delta_{\alpha\beta}$ - единичная матрица. Чему равна магнитная проницаемость такой среды при низких частотах?
7. Электрон летит в одноосном кристалле в направлении оптической оси. Найти угловой размер конуса, в котором сосредоточено черенковское излучение. Скорость электрона равна v ; элементы тензора диэлектрической проницаемости $\epsilon_{\parallel}(\omega)$, $\epsilon_{\perp}(\omega)$ являются известными функциями частоты. *Найти спектральную мощность черенковского излучения электрона (мощность излучения на единичный интервал частот).*

ЗАДАНИЕ №3

8. Шарик радиуса a , находящийся в идеальной несжимаемой жидкости на расстоянии $l \gg a$ от твёрдой стенки, движется с постоянной скоростью вдоль неё. Найти распределение давления по поверхности стенки с точностью до слагаемых второго порядка по малому отношению a^3/l^3 . Плотность жидкости ρ .
9. Звуковая волна падает из воздуха на поверхность реки под углом α к нормали. Под каким углом к нормали пойдет преломленная волна? Скорости звука в воздухе c_1 и воде c_2 известны. Вектор скорости реки \mathbf{u} лежит в плоскости падения волны.
10. По какой траектории движется элемент жидкости в бегущей и стоячей гравитационной волне?
11. Вертикальная трубка радиуса R заполнена вязкой жидкостью с плотностью ρ и находится в поле тяжести. На оси трубки помещён длинный невесомый цилиндр радиуса $r < R$, так что $R-r \ll R$, $R \ll L$, где L - длина цилиндра. Найти коэффициент вязкости жидкости η , если скорость всплывания цилиндра равна u .
12. Найти стационарное распределение температуры $T(r)$ вязкой жидкости в задаче о стекании слоя по наклонной плоскости в поле тяжести. Верхняя граница жидкости – свободная. Температура наклонной плоскости T_0 поддерживается постоянной, угол её наклона к горизонту α . Известны коэффициент кинематической вязкости жидкости ν , теплоёмкость при постоянном давлении c_p , коэффициент температуропроводности χ , плотность ρ . Толщина слоя жидкости равна h .

ЗАДАНИЕ №4

13. Между двумя плоскими параллельными жесткими пластинами вставлен длинный брусок с исходным сечением $d_1 \times d_2$. Какую минимальную силу необходимо приложить к краю бруска, чтобы вытянуть брусок из канала (в направлении длинной стороны), если коэффициент

трения его боковой поверхности (d_1) о поверхность канала равен k ($k \ll 1$), а длина бруска $L \gg d_1, d_2$? Зазор между пластинами равен a , причем $a < d_2$. Модуль Юнга E и коэффициент Пуассона σ бруска заданы. Указание: Считать, что до приложения вытягивающей силы в бруске не было продольных напряжений. Найти, какие компоненты тензора деформации не изменяются при "включении" вытягивающей силы. Воспользоваться уравнением равновесия тела. Значение комбинации параметров $\sigma kl/a$ произвольно.

14. Упругий кубик с ребром a в одном направлении ограничен жесткими плоскостями с зазором a , в другом направлении сжимается давлением p , а в третьем может свободно расширяться. Трения нет. Упругие свойства кубика известны. Найти все компоненты тензоров деформации и напряжения.
15. Прямая вертикальная опора с длиной L и сечением $a \times a$ жестко закреплена в основании. Найти максимальный вес, который она может удерживать, если её модуль Юнга равен E .

Задание сдается в форме беседы с преподавателем в специально отведенное время (прием заданий).

Перечень экзаменационных вопросов

Диссипация энергии электромагнитной волны, её связь со свойствами тензора диэлектрической проницаемости.

Звуковые волны в идеальной жидкости.

Какую нагрузку может выдержать вертикальный стержень прямоугольного сечения $a \times b$? Модуль Юнга E , длина стержня L , концы стержня шарнирно закреплены.

Частотная и пространственная дисперсия. Аналитические свойства диэлектрической проницаемости $\epsilon(\omega)$.

Уравнения идеальной гидродинамики. Тензор плотности потока импульса.

Найти частоту изгибных колебаний круглого стержня радиуса a и длины L , один конец которого заделан, а другой свободен. Плотность материала стержня ρ , модуль Юнга E . Стержень тонкий ($a \ll L$), деформацию считать малой.

Частотная дисперсия. Предвестник.

Приближение несжимаемой жидкости и условия его применимости.

Устойчивость опор по Эйлеру. Граничные условия.

Черенковское излучение.

Теорема Томсона.

Продольные колебания упругих стержней.

Оптические свойства одноосных кристаллов.

Во сколько раз изменится частота колебаний шарика на пружинке, если его поместить в идеальную несжимаемую жидкость с плотностью ρ_0 . Плотность шарика ρ_1 .

Свободная энергия деформированного тела.

Свободные электромагнитные волны в однородной среде. Дисперсионное уравнение и поляризация волн.

Определить, с каким ускорением всплывает легкий шарик в идеальной несжимаемой жидкости в поле тяжести.

Изгиб тонких стержней: деформации, напряжения, момент упругих сил.

Уравнения Максвелла для сплошной среды.

Уравнение теплопереноса. Поток тепла. Коэффициент температуропроводности.

Тонкий стержень длины L с прямоугольным сечением $a \times b$ растягивают с силой F . Найти энергию деформированного стержня.

Материальное уравнение в электродинамике.

Гравитационные волны на поверхности жидкости.

Найти низшую частоту изгибных колебаний круглого стержня радиуса a и длины L , растянутого между шарнирными креплениями силой F . Плотность материала стержня ρ , модуль Юнга E . Стержень тонкий ($a \ll L$), деформацию считать малой.

Поверхностные волны на границе диэлектрика.

Плоский слой вязкой жидкости со свободной верхней границей течет по наклонной плоскости под действием силы тяжести. Во сколько раз изменится стационарный расход жидкости, если заменить свободную границу неподвижной плоскостью (без перепада давления вдоль слоя)?

Тензор деформации. Деформации сдвига и всестороннего сжатия.

Импульс электромагнитной волны в среде.

Неустойчивость тангенциального разрыва скорости (Кельвина-Гельмгольца) в идеальной гидродинамике.

Тензор упругих напряжений. Уравнения движения и равновесия деформированного тела. Граничные условия.

Свойства симметрии тензора диэлектрической проницаемости в зеркально-изомерных средах. Естественная оптическая активность.

Шар радиуса a движется с постоянной скоростью \mathbf{u} в несжимаемой идеальной жидкости. Вычислить распределение давления вокруг шара, считая течение потенциальным. Плотность жидкости ρ , давление на бесконечности равно p_0 .

Закон Гука для изотропных сред.

Операторы проводимости и диэлектрической проницаемости и их связь в Фурье-представлении.

Вязкая жидкость. Тензор вязких напряжений. Уравнение Навье-Стокса. Кинематическая вязкость.

Какую нагрузку может выдержать вертикальный стержень прямоугольного сечения $a \times b$. Модуль Юнга E , длина стержня L , концы стержня заделаны. $a < b \ll L$.

Диэлектрическая проницаемость и оптические свойства газа осцилляторов.

Гидродинамическая неустойчивость Релея-Тейлора.

Тензор деформаций, деформации сдвига и всестороннего сжатия.

При низких частотах диэлектрическая и магнитная проницаемости вещества равны, соответственно, ϵ и μ . Найти тензор диэлектрической проницаемости $\epsilon_{\alpha\beta}(\mathbf{k}, \omega)$.

Вихревое течение идеальной жидкости, динамика завихренности.

Звуковые волны в изотропной упругой среде.

Поток энергии электромагнитной волны в среде, его связь со свойствами тензора диэлектрической проницаемости.

Уравнение Бернулли.

Определить коэффициент отражения продольной звуковой волны от поверхности твёрдого тела, склеенного с другим твёрдым телом. Ограничиться случаем нормального падения волны. Результат выразить через плотность тел (ρ_1, ρ_2) и скорость звука (c_1, c_2).

Мнимая часть диэлектрической проницаемости среды имеет вид $\text{Im } \epsilon(\omega) = a \delta(\omega - \omega_1) + \beta \delta(\omega - \omega_2)$ при $\text{Re } \omega > 0$. Найти показатель преломления среды на частоте $(\omega_1 + \omega_2)/2$, если $\omega_1, \omega_2 > 0$.

Закон подобия в гидродинамике. Число Рейнольдса.

Простая деформация. Модуль Юнга, коэффициент Пуассона и их связь с модулями сдвига и всестороннего сжатия.

Влияние внешнего электрического поля на симметрию тензора диэлектрической проницаемости. Эффект Керра.

Уравнения идеальной гидродинамики. Условия пренебрежения сжимаемостью.

Найти коэффициент отражения звуковой волны, падающей из идеальной жидкости по нормали на поверхность упругой среды. Скорости звука в жидкости, продольного и поперечного звука в кристалле соответственно равны c_s , c_l и c_t , плотности - ρ_1 и ρ_2 .

Энергия электромагнитной волны в анизотропной среде.

Лагранжевы координаты.

Найти коэффициент отражения продольной звуковой волны, падающей изнутри под углом θ на поверхность изотропного кристалла. Скорости продольного и поперечного звука в кристалле соответственно равны c_l и c_t . Кристалл приклеен к жесткой стенке.

Операторы проводимости и диэлектрической проницаемости в Фурье-представлении.

Капиллярные волны на поверхности жидкости.

Найти низшую частоту изгибных колебаний стержня квадратного сечения $a \times a$ и длины L , зажатого между шарнирными креплениями силой F . Плотность материала стержня ρ , модуль Юнга E . Стержень тонкий ($a \ll L$), деформацию считать малой.

Переходное излучение.

Вязкий тензор напряжений, уравнение Навье-Стокса. Граничные условия.

Скручивание стержней. Крутильная жесткость.

Плоская монохроматическая электромагнитная волна падает по нормали из вакуума на толстую плоскопараллельную пластину с диэлектрической проницаемостью $\epsilon_{\alpha\beta} = 14 h_\alpha h_\beta + 0.2 k_\alpha k_\beta / k^2 + i 3/2 \epsilon_{\alpha\beta\gamma} k_\gamma / k$, где \mathbf{h} - единичный вектор, параллельный границе пластины, \mathbf{k} - волновой вектор. Найти поляризацию волны после прохождения сквозь пластину, если в вакууме поляризация волны была правой круговой.

Звуковые волны в идеальной жидкости.

Тензор напряжений. Закон Гука для изотропной среды.

Мнимая часть диэлектрической проницаемости среды равна $\text{Im } \epsilon = \alpha^2 \beta / (\omega(\omega^2 + \beta^2))$, где α и β --- некоторые постоянные. Найти $\text{Re } \epsilon$.

Энергия, импульс, поток энергии звуковой волны в идеальной жидкости.

Закон Гука. Модули сдвига и всестороннего сжатия.

Теорема Крамерса-Кронига, правило сумм.

Уравнения идеальной гидродинамики, тензор плотности потока импульса, граничные условия.

Устойчивость опор по Эйлеру. Граничные условия.

Условие черенковского излучения в одноосном кристалле.

Истечение идеального газа в вакуум.

Упругие волны в изотропной среде.

Влияние внешнего магнитного поля на симметрию тензора диэлектрической проницаемости. Эффекты Фарадея и Коттона-Муттона.

Потенциальное обтекание тел. Присоединенная масса.

Простая деформация. Модуль Юнга, коэффициент Пуассона и их связь с модулями сдвига и всестороннего сжатия.

Диэлектрическая проницаемость среды равна $\varepsilon = 1 - \alpha^2/\omega(\omega+i\beta)$, где α и β --- некоторые константы. Найти число электронов в единице объёма вещества.

Потенциальное течение.

Поперечные колебания тонких стержней.

Электромагнитные волны в среде с частотной дисперсией.

Теорема Томсона.

Тонкий невесомый стержень с модулем Юнга E , сечением $a \times a$ и длиной L заделан одним концом в стену в горизонтальном положении. К другому концу в поле тяжести подвесили груз массы m . Найти насколько опустился вниз конец стержня?

Дополнительные вопросы для экзамена и зачета

1. Найти наиболее общий вид тензора второго ранга, инвариантного относительно вращения вокруг заданного вектора.
2. Найти диэлектрическую проницаемость нейтральной электрон-позитронной плазмы. Тепловым движением носителей заряда пренебречь.
3. Найти поляризацию, фазовую и групповую скорости для электромагнитной волны в холодной плазме без магнитного поля.
4. Плоская монохроматическая электромагнитная волна с круговой поляризацией падает по нормали на плоскопараллельную пластину с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon_{\alpha\beta} = \delta_{\alpha\beta} - \frac{7}{5} h_{\alpha} h_{\beta}$, где \mathbf{h} – единичный вектор, направленный под углом 30° к нормали к поверхности пластины. Найти поляризацию прошедшей волны если толщина пластины $l = \lambda/3$, $l = n\lambda/4$, где λ - длина волны в вакууме, $n = 1, 2, \dots$
5. Почему тензор диэлектрической проницаемости для зеркально-изомерной среды комплексный?
6. Предложите принципиальную схему оптического прибора, который мог бы измерять качество подсолнечного масла по его оптическим свойствам.
7. Как отличить вращение плоскости поляризации в среде из-за эффекта Фарадея от проявления естественной оптической активности?
8. Вывести соотношение между тензором проводимости и тензором диэлектрической проницаемости среды.
9. Как найти квазистатическую магнитную проницаемость по известному тензору диэлектрической проницаемости среды?
10. Над средой, заполняющей полупространство $z < 0$, с постоянной нерелятивистской скоростью $\mathbf{v} = (v, 0, 0)$ движется заряд q . Считая расстояние между зарядом и средой равным h , а диэлектрическую проницаемость среды $\varepsilon(\omega) = 1 - \omega_p^2/\omega^2$, найти мощность излучения поверхностных волн.
11. Найти действительную и мнимую части диэлектрической проницаемости для газа осцилляторов, причём газ состоит из равной смеси двух типов с собственными частотами ω_1, ω_2 . Найти показатель преломления этой среды на частоте $(\omega_1 + \omega_2)/2$.
12. В каких случаях и средах возникает большая пространственная дисперсия диэлектрической проницаемости?
13. Почему диссипация энергии электромагнитного поля в среде пропорциональна антиэрмитовой части тензора диэлектрической проницаемости?
14. Найти пространственный декремент затухания волны постоянной частоты по известному тензору диэлектрической проницаемости среды. Затухание считать малым.
15. Почему диэлектрическая проницаемость всех сред стремится к единице в пределе высоких частот?

16. Почему полная энергия переходного излучения, вычисленная для попадания заряженной частицы в идеальный проводник, оказывается бесконечной? Что происходит на самом деле (для проводника с конечной массой носителей заряда)?
17. Почему предвестник обгоняет фронт основного волнового пакета? Может ли быть несколько последовательных «предвестников»?
18. Могут ли существовать среды (кроме вакуума), прозрачные для электромагнитных волн во всех диапазонах частот? Почему?
19. Найти плотность энергии плоско-поляризованной волны в газе осцилляторов. Показать, что эта энергия неотрицательна.
20. Найти направление вектора \mathbf{k} для необыкновенной волны в одноосном кристалле, если известно направление вектора Пойнтинга, \mathbf{s} .
21. Найти спектральную мощность излучения ленгмюровских волн в холодной плазме при равномерном движении однородно заряженной плоскости.
22. Почему спектральная мощность излучения Вавилова-Черенкова при излучении в направлении движения заряда снижается до нуля?
23. Релятивистская заряженная частица летит в прозрачном диэлектрике. В видимом диапазоне этот диэлектрик имеет слабую линейную зависимость диэлектрической проницаемости от частоты. Что увидит глаз человека при наблюдении вспышки черенковского излучения?
24. Какие волны и куда будут излучаться при черенковском излучении от частицы, летящей в одноосном кристалле поперёк оптической оси? Найти спектральную интенсивность излучения для обыкновенной и необыкновенной волны.
25. Найти пороги возбуждения идеальной (гидродинамической) и диссипативной (по отрицательной плотности энергии) пучковой неустойчивости в следующей задаче: в холодной плазме в равновесии половина электронов движется со скоростью \mathbf{v} , а другая – со скоростью $-\mathbf{v}$.
26. В каком случае волна с отрицательной плотностью энергии может оказаться устойчивой?
27. Что означает отрицательная плотность энергии волны? Приведите примеры волн с отрицательной плотностью энергии. Бывают ли волны с нулевой энергией?
28. Найти спектральную мощность переходного излучения при пересечении зарядом границы диэлектрика, при его движении под углом α к нормали к границе раздела.
29. Найти дисперсионное соотношение для поперечных и продольных волн в изотропном диэлектрике, движущемся со скоростью \mathbf{v} .
30. Почему, если кричать по направлению ветра, то крик слышен дальше, чем против ветра?
31. Найти коэффициент отражения звуковой волны от границы раздела двух идеальных политропных газов, находящихся в равновесии.
32. Выразить энтальпию единицы массы политропного газа через его давление и плотность.
33. Как взаимодействуют два тонких параллельных вихря?
34. Тяжёлый шарик радиуса a , находящийся в идеальной несжимаемой жидкости на расстоянии $l \gg a$ от твёрдой стенки, совершает радиальные колебания с малой амплитудой $x \ll a$ и с частотой ω . Найти силу отталкивания (или притяжения?) шарика от стенки. Плотность жидкости ρ . Плотность шарика значительно больше плотности жидкости.
35. Найти частоту малых радиальных колебаний маленького пузырька газа, погружённого в идеальную жидкость. Давление и плотность жидкости, коэффициент поверхностного натяжения, и радиус пузырька – заданы. Газ считать идеальным и политропным.
36. Каковы условия применимости теоремы Томсона?
37. Каковы условия вывода уравнения Бернулли?
38. В чём заключается «парадокс Д'Аламбера»?
39. Найти закон движения сферического грузила в поле тяжести в идеальной жидкости при приближении к плоскому дну.

40. В каких случаях течение является потенциальным? Может ли быть потенциальным течение вязкой жидкости?
41. Найти силу взаимодействия между двумя одинаковыми шариками, движущимися равномерно, прямолинейно и параллельно друг другу с одинаковой скоростью в идеальной несжимаемой жидкости. Расстояние между шариками, их радиус, скорость и плотность жидкости – заданы. Обтекание считать потенциальным.
42. Оценить скорость моторной лодки на Обском море, если известно, что за кормой лодки наблюдается стационарная (относительно лодки) волна с длиной 5м.
43. Найти по какому закону, и с каким ускорением будет всплывать лёгкий шарик (скажем, для настольного тенниса) из-под воды. Жидкость считать идеальной, а обтекание - потенциальным.
44. Звуковая волна заданной амплитуды падает по нормали на идеально отражающую стенку. Найти избыточное давление на стену по сравнению со случаем без волны.
45. Найти минимум фазовой скорости волн на поверхности воды. Возбуждаются ли корабельные волны за объектами, движущимися медленнее этого минимума?
46. Оценить максимальный диаметр стакана, в который можно налить коктейль «Кровавая Мэри». Плотности томатного сока и виски, а также коэффициент поверхностного натяжения считать заданными.
47. Записать граничные условия на поверхности воды на Обском море в ветреную погоду, считая воду и воздух идеальными жидкостями.
48. Оценить минимум частоты колебаний идеальной жидкости, налитой в глубокий сосуд квадратного сечения. Сторона квадрата и плотность жидкости заданы.
49. Найти дисперсионное соотношение для линейных волн на поверхности мелкой воды (глубина жидкости много меньше длины волны). Жидкость считать идеальной.
50. Найти плотность энергии и поток энергии в монохроматической гравитационной волне на поверхности глубокой воды в поле тяжести.
51. Найти условие стабилизации тангенциального разрыва скорости при наличии поверхностного натяжения. Можно ли добиться полной устойчивости?
52. Найти распределение плотности тепловыделения в слое вязкой жидкости, стекающей по наклонной плоскости в поле тяжести.
53. Найти расход жидкости, стекающей слоем толщины h по наклонной плоскости в поле тяжести. Вязкость и плотность жидкости – заданы. Как изменится расход жидкости если свободную верхнюю поверхность жидкости заменить на контакт с неподвижной плоскостью?
54. Найти расход жидкости при вязком течении по трубе круглого сечения под действием заданного перепада давления на концах. Сечение трубы медленно меняется по заданному закону $S(l)$.
55. Найти равновесную форму упругого кубика со стороной a , сжатого между двумя гладкими поверхностями с заданной силой.
56. Найти форму сечения изогнутого стержня, если оно было квадратным в недеформированном состоянии. Плоскость изгиба – по боковой грани стержня. Деформации считать малыми.
57. Найти поле скоростей в полубесконечной вязкой несжимаемой жидкости, если «дно» осциллирует в своей плоскости с заданной частотой и амплитудой. Найти стационарное распределение температуры в такой системе, если температура «дна» и теплопроводность заданы.
58. Найти насколько увеличится длина кабеля, который тянут за конец по земле. Исходная длина, модуль Юнга материала кабеля, его сечение и плотность, а также коэффициент трения о землю – заданы.
59. Найти форму, которую примет кубик желе на гладкой тефлоновой (без трения) подложке в поле тяжести. Деформации считать малыми. Модули сдвига и всестороннего сжатия, а также плотность желе – заданы.

60. Найти, насколько сожмётся пробка в стакане с абсолютно жёсткими стенками, если извне приложить давление P . Пробка плотно прилегает к бортам и дну стакана без трения. Длина пробки, а также модули сдвига и всестороннего сжатия – заданы.
61. Почему нейлоновые и металлические струны для гитары обладают разным тембром? Найти поправку к частоте второй гармоники, возникающую из-за конечной толщины струны.
62. Найти форму коромысла, если считать его в недеформированном состоянии прямым тонким стержнем круглого сечения. Все характеристики стержня, а также вес вёдер на концах – заданы. Весом самого стержня можно пренебречь.
63. Найти, насколько изменяется максимальный вес, который может выдержать вертикальная колонна, при изменении вариантов заделки её концов (устойчивость «по Эйлеру»).
64. В какую сторону может наклониться вертикальная опора квадратного сечения при нарушении условия устойчивости по Эйлеру? Почему?
65. Какие существуют термодинамические ограничения на величины и знаки модуля Юнга и коэффициента Пуассона? Чему равен коэффициент Пуассона для жидкости? Чему равен для жидкости модуль сдвига?
66. Найти частоту крутильных колебаний диска на конце тонкого стержня. Момент инерции диска и все характеристики стержня (длина, диаметр, модуль сдвига) – заданы.
67. Найти плотность свободной энергии в однородно растянутом стержне (растяжение - на $1/100$ своей длины). Модуль Юнга задан.
68. Найти распределение плотности свободной энергии в круглом скрученном стержне радиуса a . Длина стержня – L , его конец провёрнут на $\pi/2$. Модуль сдвига μ - задан.
69. Два круглых стержня одинакового радиуса, но из разных материалов склеены торцами. Найти коэффициент отражения волны сжатия-растяжения от места склейки.
70. Найдите расстояние от места взрыва до сейсмографа, если известны модули сдвига и всестороннего сжатия и плотность для горной породы, а также измерен временной интервал запаздывания объёмной поперечной звуковой волны от продольной.
71. Найти законы преломления для звуковой волны, выходящей из изотропной упругой среды в жидкость. Изменяются ли эти соотношения, если жидкость течёт вдоль стенки?

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Физика сплошных сред»
по направлению подготовки 03.03.02 Физика
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного