

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Ростовский государственный экономический университет (РИНХ)»

УТВЕРЖДАЮ
Директор Таганрогского института
имени А. П. Чехова (филиала)
РГЭУ (РИНХ)
_____ С. А. Петрушенко
«20» мая 2025 г.

Рабочая программа дисциплины
Скалярные и векторные физические поля

Направление подготовки
44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)

Направленность (профиль) программы бакалавриата
44.03.05.24 Математика и Физика

Для набора 2025 года

Квалификация
Бакалавр

КАФЕДРА математики и физики**Распределение часов дисциплины по семестрам / курсам**

Курс Вид занятий	4		Итого	
	уп	рп		
Лекции	2	2	2	2
Лабораторные	6	6	6	6
Итого ауд.	8	8	8	8
Контактная работа	8	8	8	8
Сам. работа	96	96	96	96
Часы на контроль	4	4	4	4
Итого	108	108	108	108

ОСНОВАНИЕ

Учебный план утвержден учёным советом вуза от 28.02.2025 протокол № 9.

Программу составил(и): канд. техн. наук, Проф., Кихтенко Сергей Николаевич

Зав. кафедрой: Фирсова С.А.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Формирование у обучающихся знаний об основных операциях над скалярными и векторными полями, используемых в математической физике, применяемых в общей и теоретической физике, а также навыков математической постановки и решения различных физических задач.
-----	---

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ПКО-3:	Способен реализовывать основные общеобразовательные программы различных уровней и направленности с использованием современных образовательных технологий в соответствии с актуальной нормативной базой
ПКО-3.1:	Осуществляет обучение учебному предмету на основе использования предметных методик и современных образовательных технологий
ПКО-3.2:	Осуществляет педагогическую поддержку и сопровождение обучающихся в процессе достижения метапредметных, предметных и личностных результатов
ПКО-3.3:	Применяет предметные знания при реализации образовательного процесса
ПКО-3.4:	Организует деятельность обучающихся, направленную на развитие интереса к учебному предмету в рамках урочной и внеурочной деятельности
ПКО-3.5:	Участствует в проектировании предметной среды образовательной программы

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**Знать:**

способы поиска в современном информационном пространстве необходимой информации применительно к перечню решаемых задач; основные этапы развития физики и современное состояние, основные модели, их достоинства и недостатки, перспективы развития; математический аппарат физики и основные фундаментальные физические законы и теории.

Уметь:

применять современные технологии получения и обработки информации, эффективно использовать технологии и ресурсы Интернет; находить необходимую информацию применительно к перечню решаемых задач; объяснять различные физические явления и процессы, с привлечением аппарата математической физики; объяснять их влияние на окружающую природу и человека.

Владеть:

по разработке учебно-методических материалов для школьного курса физики; получения информации, связанной с закономерностями протекания физических процессов и явлений; решения задач по различным разделам физики и анализа полученных решений; системой знаний о фундаментальных физических законах, теориях и их роли в развитии современных технологий.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**Раздел 1. Основы математической теории поля**

№	Наименование темы, краткое содержание	Вид занятия / работы / форма ПА	Семестр / Курс	Количество часов	Компетенции
1.1	Скалярное поле. Производная по направлению. Поверхности и линии уровня. Градиент скалярного поля	Лекционные занятия	4	2	ПКО-3 ПКО-3.1 ПКО-3.2 ПКО-3.3 ПКО-3.4 ПКО-3.5
1.2	Введение в Mathcad.	Лабораторные занятия	4	2	ПКО-3 ПКО-3.1 ПКО-3.2 ПКО-3.3 ПКО-3.4 ПКО-3.5
1.3	Скалярное поле. Градиент скалярного поля	Лабораторные занятия	4	2	ПКО-3 ПКО-3.1 ПКО-3.2 ПКО-3.3 ПКО-3.4 ПКО-3.5
1.4	Векторное поле. Дивергенция и ротор.	Лабораторные занятия	4	2	ПКО-3 ПКО-3.1

					ПКО-3.2 ПКО-3.3 ПКО-3.4 ПКО-3.5
1.5	Основы математической теории поля	Самостоятельная работа	4	96	ПКО-3 ПКО-3.1 ПКО-3.2 ПКО-3.3 ПКО-3.4 ПКО-3.5
1.6	Подготовка к промежуточной аттестации	Зачет	4	4	ПКО-3 ПКО-3.1 ПКО-3.2 ПКО-3.3 ПКО-3.4 ПКО-3.5

4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Структура и содержание фонда оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в Приложении 1 к рабочей программе дисциплины.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Учебные, научные и методические издания

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Библиотека / Количество
1	Очан Ю. С.	Методы математической физики	Москва: Высш. школа, 1966	http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=220848
2	Бородинский М. П., Зуев В. Н., Кодачигова Л. К., Мархель Э. Г., Сапунцов Н. Е.	Сборник заданий к типовым расчетам и контрольным работам по математическим дисциплинам: учебное пособие	Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2009	http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240967
3	Очан, Ю. С.	Методы математической физики	Москва: Высшая школа, 1965	15 экз.

5.1. Учебные, научные и методические издания

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Библиотека / Количество
1	Кирьянов	Mathcad 15/ Mathcad Prime 1.0	СПб.: БХВ-Петербург, 2012	
2	Гриняев Ю. В., Миньков Л. Л., Тимченко С. В., Ушаков В. М.	Методы математической физики: учебное пособие	Томск: Эль Контент, 2012	http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208645
3	Алтуний К. К.	Методы математической физики: учебное пособие	Москва: Директ-Медиа, 2014	http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240552
4	Сушинов, А. И., Зуев, В. Н., Семенистый, В. В.	Курс лекций по уравнениям математической физики с примерами и задачами: учебное пособие	Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2009	http://www.iprbookshop.ru/46989.html
5	Дьяконов, В. П.	Maple 9.5/10 в математике, физике и образовании	Москва: СОЛОН-ПРЕСС, 2017	http://www.iprbookshop.ru/90431.html
6	Болсун, А. И., Гронский, А. И.	Методы математической физики: учебное пособие	Минск: Высшейшая школа, 1988	9 экз.

5.2. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

5.3. Перечень программного обеспечения

5.4. Учебно-методические материалы для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости по заявлению обучающегося с ограниченными возможностями здоровья учебно-методические материалы предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям здоровья и восприятия информации. Для лиц с нарушениями зрения: в форме аудиофайла; в печатной форме увеличенным шрифтом. Для лиц с нарушениями слуха: в форме электронного документа; в печатной форме. Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в форме электронного документа; в печатной форме.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Помещения для всех видов работ, предусмотренных учебным планом, укомплектованы необходимой специализированной учебной мебелью и техническими средствами обучения:

- столы, стулья;
- персональный компьютер / ноутбук (переносной);
- проектор;
- экран / интерактивная доска.

Лабораторные занятия проводятся в компьютерных классах, рабочие места в которых оборудованы необходимыми лицензионными и/или свободно распространяемыми программными средствами и выходом в Интернет, и/или в специализированных лабораториях, предусмотренных образовательной программой.

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Методические указания по освоению дисциплины представлены в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

1 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

1.1 Показатели и критерии оценивания компетенций:

ЗУН, составляющие компетенцию	Показатели оценивания	Критерии оценивания	Средства оценивания
ПКО-3: Способен реализовывать основные общеобразовательные программы различных уровней и направленности с использованием современных образовательных технологий в соответствии с актуальной нормативной базой			
<i>Знать:</i> способы поиска в современном информационном пространстве необходимой информации применительно к перечню решаемых задач; основные этапы развития физики и современное состояние, основные модели, их достоинства и недостатки, перспективы развития; математический аппарат физики и основные фундаментальные физические законы и теории <i>Уметь:</i> применять современные технологии получения и обработки информации, эффективно использовать технологии и ресурсы Интернет; находить необходимую информацию применительно к перечню решаемых задач; объяснять различные физические явления и процессы, с привлечением аппарата математической физики; объяснять их влияние на окружающую природу и человека.	Аттестация по совокупности выполненных работ на контрольную дату, выполнение заданий для самостоятельной работы	Полнота и содержательность ответа; умение приводить примеры; умение отстаивать свою позицию; умение пользоваться дополнительной литературой при подготовке к занятиям; соответствие представленной в ответах информации материалам лекций и учебной литературы по данной тематике, сведениям из информационных ресурсов Интернет; объем выполненной работы (полный, не полный объем).	О – опрос; ЛР – лабораторная работа; ИЗ – индивидуальное задание

<i>Владеть:</i> по разработке учебно-методических материалов для школьного курса физики; получения информации, связанной с закономерностями протекания физических процессов и явлений; решения задач по различным разделам физики и анализа полученных решений; системой знаний о фундаментальных физических законах, теориях и их роли в развитии современных технологий			
--	--	--	--

2.2 Шкалы оценивания:

Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация осуществляется в рамках накопительной балльно-рейтинговой системы в 100-балльной шкале:

Форма
контроля –
зачет: 50-100
баллов –
зачтено 0-49
баллов – не
зачтено

2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Вопросы к зачету

1. Скалярное поле. Производная по направлению. Поверхности и линии уровня. Градиент скалярного поля.
2. Векторное поле. Линии векторного поля. Поток векторного поля через поверхность.
3. Дивергенция векторного поля. Теорема Остроградского-Гаусса.
4. Циркуляция векторного поля. Ротор векторного поля. Теорема Стокса.
5. Оператор Гамильтона. Дифференциальные операции первого порядка.
6. Дифференциальные операции второго порядка. Оператор Лапласа.
7. Классификация векторных полей. Теорема разложения Гельмгольца.
8. Криволинейные ортогональные системы координат. Координатные поверхности и линии. Коэффициенты Ламе.
9. Градиент скалярного поля в криволинейных ортогональных координатах.
10. Дивергенция векторного поля в криволинейных ортогональных координатах.

11. Ротор векторного поля в криволинейных ортогональных координатах.
12. Оператор Лапласа в криволинейных ортогональных координатах.
13. Цилиндрическая система координат.
14. Основные дифференциальные операции в цилиндрических координатах.
15. Сферическая система координат.
16. Основные дифференциальные операции в сферических координатах.
17. Типы линейных дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка и их представление с помощью дифференциальных операторов.
18. Вывод некоторых основных уравнений математической физики.

Лабораторные занятия

Лабораторная работа №2.

Даны: скалярное поле $u=f(x,y,z)$, точки $M_0(x_0, y_0, z_0)$ и $M_1(x_1, y_1, z_1)$

Найти:

- 1) *градиент скалярного поля $u=f(x,y,z)$ в точке $M_0(x_0, y_0, z_0)$;*
- 2) *производную поля $u=f(x,y,z)$ в точке M_0 по направлению от M_0 к M_1 ;*
- 3) *производную поля $u=f(x,y,z)$ в точке M_0 по направлению её градиента;*
- 4) *угол между градиентами скалярного поля $u=f(x,y,z)$ в точках M_0 и M_1 .*

№ п/п	$u(x,y,z)$	$M_0(x_0, y_0, z_0)$	$M_1(x_1, y_1, z_1)$
1.	$x^2y + xy^3z$	-1,1,2	2,3,1
2.	$\arctg(xyz)$	1,-1,1	2,0,3
3.	$x^3yz + xy^2$	1,1,3	3,-1,2
4.	$\ln(x^2 + y^2 + z^2)$	1,1,-1	2,2,-2
5.	$x^2y + xyz$	3,1,1	4,0,2
6.	$\ln(x^2 + y^2z)$	1,-1,2	2,1,3
7.	$xy + xy^2z$	2,2,1	5,1,1
8.	$\sqrt{x^2 + y^2} - z$	1,1,1	1,2,3
9.	$x^2 + y^2 + z^2 - 2xyz$	1,-1,2	0,1,3
10.	$\ln(3x + 2y + z)$	1,1,1	2,3,4
11.	$x^3z - xy^2z$	2,-1,1	3,1,0
12.	$x^2y + yz^2 - 3$	1,1,-1	3,-1,-2
13.	$x^2yz + xy^2z^2$	1,1,2	3,4,1
14.	$x^3y + xy^3z$	2,1,2	0,-1,2

Индивидуальное задание

Индивидуальное задание № 1.

1. Профиль: _____ курс _____ группа _____.
2. Ф.И.О. студента: _____
3. Вариант (вариант, совпадает с номером по списку в журнале группы): _____.
4. Дата выполнения индивидуального задания: _____.

1. Найти величину и направление наибольшего изменения

функции $U(M) = U(x, y, z)$ в точке $M_0(x_0, y_0, z_0)$.

№ п/п	$U(x, y, z)$	$M_0(x_0, y_0, z_0)$
15.	xyz	0,1,-2
16.	x^2yz	2,0,2
17.	xy^2z	1,-2,0
18.	xyz^2	3,0,1
19.	x^2y^2z	-1,0,3
20.	x^2yz^2	2,1,-1
21.	xy^2z^2	-2,1,1
22.	$y^2z - x^2$	0,1,1

2. Найти наибольшую плотность циркуляции векторного поля

$\vec{a}(M) = \vec{a}(x, y, z)$ в точке $M_0(x_0, y_0, z_0)$.

№ п/п	$\vec{a}(x, y, z)$	$M_0(x_0, y_0, z_0)$
1.	$x^2\vec{i} - xy^2\vec{j} + z^2\vec{k}$	0,1,-2
2.	$xy\vec{i} + yz\vec{j} + xz\vec{k}$	2,0,3
3.	$xy^2\vec{i} + yz^2\vec{j} - x^2\vec{k}$	1,-2,0
4.	$xz\vec{i} + z\vec{j} + yz\vec{k}$	3,0,1
5.	$xy\vec{i} + xyz\vec{j} - x\vec{k}$	-1,0,3
6.	$yz\vec{i} - z^2\vec{j} + xyz\vec{k}$	2,1,-1
7.	$y^2\vec{i} - xy\vec{j} + z^2\vec{k}$	-2,1,1
8.	$xz\vec{i} - xyz\vec{j} + x^2z\vec{k}$	0,1,1
9.	$xy\vec{i} - y^2z\vec{j} - xz\vec{k}$	0,-2,1
10.	$xz\vec{i} - y\vec{j} - zy\vec{k}$	0,1,2
11.	$y^2\vec{i} - xy^2\vec{j} + z^2\vec{k}$	-1,2,1
12.	$xy\vec{i} - xy^2\vec{j} + z^2\vec{k}$	1,-1,1
13.	$(x + y)\vec{i} + yz\vec{j} + xz\vec{k}$	2,1,0
14.	$xy\vec{i} - y^2z\vec{j} + z^3\vec{k}$	4,0,1
15.	$x^2y\vec{i} - (y + z)\vec{j} + xz\vec{k}$	-3,0,2
16.	$(x + y^2)\vec{i} + yz\vec{j} - x^2\vec{k}$	1,0,4
17.	$xz\vec{i} - y\vec{j} + yz\vec{k}$	0,-1,4
18.	$xy\vec{i} - x\vec{j} + yz\vec{k}$	2,2,2
19.	$(x + y)\vec{i} + xyz\vec{j} - x\vec{k}$	4,1,-3
20.	$(x - y)\vec{i} + yz\vec{j} - y\vec{k}$	-4,1,0
21.	$(y - z)\vec{i} - z^2\vec{j} + xyz\vec{k}$	3,0,1
22.	$yz\vec{i} - z^2\vec{j} + (x + y)z\vec{k}$	1,3,0

Зачетный контроль включает 1 теоретический вопрос (формируются из представленных вопросов к зачету), 2-х выполненных лабораторных работ (формируются из перечня заданий, представленных в разделе Лабораторные работы) и индивидуального задания (формируется из перечня заданий, представленных в разделе Индивидуального задания).

Критерии оценивания:

Максимальное количество баллов за зачетное задание – 100 (25 баллов максимально за теоретические вопросы, 50 баллов максимально за лабораторные работы и 25 баллов максимально за индивидуальное задание).

Критерии оценивания одного теоретического вопроса.

Критерии оценивания теоретического вопроса	Баллы
Изложенный материал фактически верен, наличие глубоких исчерпывающих знаний; правильные, уверенные действия по применению полученных знаний на практике, грамотное и логически стройное изложение материала при ответе	21-25
Наличие твердых и достаточно полных знаний, правильные действия по применению знаний на практике, четкое изложение материала, допускаются отдельные логические и стилистические погрешности, неуверенность и неточность ответов на дополнительные и наводящие вопросы	17-20
Неполный ответ на вопросы; затрудняется ответить на дополнительные вопросы	1-16
Ответ не связан с вопросами, наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике, неуверенность и неточность ответов на дополнительные и наводящие вопросы	0
<i>Максимальный балл за ответ на теоретический вопрос</i>	25

Критерии оценивания одной лабораторной работы

Критерии оценивания	Баллы
Работа выполнена в полном объеме, получены правильные ответы, проведен анализ, дана грамотная интерпретация полученных результатов, сделаны выводы	21-25
Работа выполнена в полном объеме, но допущены незначительные ошибки, выводы – достаточно обоснованы	17-20
Работа выполнена не в полном объеме, при анализе и интерпретации полученных результатов допущены ошибки, выводы – неполные или отсутствуют	1-16
Работа выполнена полностью неверно	0
<i>Максимальный балл за решение задачи</i>	25

Критерии оценивания индивидуального задания

Критерии оценивания	Баллы
Задание выполнено в полном объеме, в представленном решении обоснованно получены правильные ответы, проведен анализ, дана грамотная интерпретация полученных результатов, сделаны выводы	21-25
Задание выполнено в полном объеме, но при анализе и интерпретации полученных результатов допущены незначительные ошибки, выводы – достаточно обоснованы, но неполны	17-20
Задание выполнено не в полном объеме, при анализе и интерпретации полученных результатов допущены ошибки, выводы – но неполные или отсутствуют	1-16
Задание выполнено полностью неверно или отсутствует решение	0

Итоговая оценка формируется из суммы набранных баллов за выполнение зачетного задания и соответствует шкале:

50-100 баллов

– зачтено

0-49 баллов –

не зачтено

- **3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**
-
- Процедуры оценивания включают в себя текущий контроль и промежуточную аттестацию.
- **Текущий контроль** успеваемости проводится с использованием оценочных средств, представленных в п. 2 данного приложения. Результаты текущего контроля доводятся до сведения студентов до промежуточной аттестации.
- **Промежуточная аттестация** по дисциплине «Скалярные и векторные физические поля» включают зачет по теоретическому и практическому материалу, пройденному за семестр.
- Основой для определения баллов, набранных при промежуточной аттестации, служит объем и уровень усвоения материала, предусмотренного рабочей программой дисциплины в процентах. Итоговая аттестация осуществляется на основе текущей и промежуточной аттестации, результатом которой является проставление в зачетной книжке экзаменационной оценки, если студент в итоге набрал не менее 50%., по следующей шкале:

•

Оценка в 100-балльной шкале	Оценка в традиционной шкале
50–100	зачтено
0–49	не зачтено

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Методические рекомендации по изучению дисциплины

Учебным планом предусмотрены следующие виды занятий:

- лекции;
- лабораторные занятия.

Для лучшего усвоения теоретического материала рекомендуется читать одни и те же разделы рекомендуемого учебного пособия два раза: первый раз быстро для ознакомления с материалом, второй раз медленно для более вдумчивого изучения и лучшего запоминания. При втором прочтении рекомендуется вести краткий конспект.

Составление конспекта мобилизует внимание, помогает обнаружить и выделить главное в тексте. Чередование чтения с письмом развивает все виды памяти, повышает работоспособность и снижает усталость. Ведение конспекта является одновременно и формой контроля качества усвоения материала, ибо не осознав прочитанного, трудно выделить, сформулировать и записать основную мысль.

При ведении конспекта желательно оставлять справа широкие поля, до трети страницы, чтобы можно было дописать интересные мысли или выводы после изучения аналогичных разделов из других пособий. По ведению конспекта целесообразно периодически консультироваться с преподавателем.

В конспект нужно записывать только самое главное. Записи в нем по возможности должны быть краткие и лаконичные. Наиболее важные места нужно выделять другим цветом, формулы нужно записывать в отдельной строке чтобы не сливались с текстом. По хорошему конспекту можно легко и быстро, в течение нескольких дней, перед экзаменом, восстановить в памяти изученный материал, повторить его, найти необходимую справку.

Перед повторным чтением и конспектированием рекомендуется попробовать воспроизвести материал по памяти. Даже если эта попытка не увенчается успехом, при последующем чтении и конспектировании материала внимание будет активизировано именно на пропущенном или недостаточно понятном фрагменте. В результате материал будет усвоен более глубоко и основательно.

При подготовке теоретических вопросов необходимо знать, какие требования предъявляются при сдаче экзамена. Эти требования включают основные элементы знаний о физическом явлении, физической величине, законе и теории. Ниже приведен перечень таких требований.

Студент, изучивший дисциплину, должен:

знать:

математические методы, используемые при изучении теоретической физики в институте, основных свойства скалярных и векторных полей, дифференциальные операции над этими полями в декартовых и криволинейных координатах,

инвариантные определения основных характеристик скалярного и векторного полей ($grad u$, $div \mathbf{a}$, $rot \mathbf{a}$), позволяющие выяснить их физический смысл,

формулы для вычисления основных характеристик скалярного и векторного полей в декартовой и криволинейной системах координат,

уметь:

использовать теоремы Остроградского-Гаусса и Стокса в векторной форме для нахождения основных характеристик векторных полей,

применять символические операторы (операторы Гамильтона, Лапласа) при выполнении дифференциальных операций первого и второго порядка над скалярными и векторными полями.

владеть навыками:

исследования свойств скалярных и векторных полей в декартовых и криволинейных координатах.

Следование этим рекомендациям позволит студенту кратко и убедительно ответить на вопросы билета.

Перечень вопросов, подлежащих самостоятельному изучению.

Разделы и темы самостоятельного изучения	Перечень вопросов для самостоятельного изучения
<i>1. Основы математической теории поля.</i> Скалярное поле. Градиент скалярного поля. Вектор-функция скалярного аргумента. Векторное поле. Векторные линии. Поток векторного поля через поверхность. Дивергенция векторного поля. Теорема Остроградского-Гаусса. Циркуляция векторного поля. Ротор (вихрь) векторного поля. Теорема Стокса. Оператор Гамильтона. Дифференциальные операции первого порядка. Действия оператора Гамильтона на произведения скалярных и векторных полей. Дифференциальные операции второго порядка. Оператор Лапласа. Классификация векторных полей. <i>2. Элементы теории поля в криволинейных координатах.</i> Криволинейные ортогональные системы координат. Коэффициенты Ламе. Основные дифференциальные операции в криволинейных ортогональных координатах. Основные дифференциальные операции в цилиндрических и сферических координатах.	Поверхности уровня, решение задач. Векторные линии основных физических полей. Решение задач. Физический смысл циркуляции, примеры. Решение задач. Примеры применения оператора «набла» в курсе физики. Решение задач. Примеры применения оператора Лапласа в курсе физики. Решение задач. Примеры полей из курса физики. Расчёт коэффициентов Ламе для цилиндрической и сферической систем координат. Примеры полей и операций из курса физики. Примеры из курса физики. Решение задач.