Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
филиал МГУ в г. Севастополе
факультет компьютерной математики
кафедра прикладной математики
кафедра программирования

УТВЕРЖДЕНО
на 20 22 -20 23 учебный год
Методическим советом Филиала
Протокол № 8 от «28» 06 20 22 г.
Заместитель директора по учебной работе
____
Заведующий кафедрой_______________

УТВЕРЖДАЮ
Директор
Филиала МГУ в г. Севастополе
_______________ О.А. Шпырко
«15» июня_____________20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Наименование дисциплины:

"Линейная алгебра"

Уровень высшего образования:
бакалавриат

Направление подготовки:

03.03.02 - "Физика"

(код и название направления/специальности)

Форма обучения:
очная

Рабочая программа рассмотрена
на заседании кафедры программирования
протокол № 3 от «28» апреля 2020 г.
Руководитель ОП 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»
_______________/(Н. В. Лактионова)
(подпись)

Рабочая программа одобрена
Методическим советом
Филиала МГУ в г.Севастополе
Протокол № 6 от «10» июня 2020 г.
_______________(А.В. Мартынкин)
(подпись)

Севастополь, 2019

Рабочая программа дисциплины составлена на основе

- Образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова для реализуемых образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Физика», уровни высшего образования: бакалавриат с присвоением квалификации (степени) «бакалавр», магистратура с присвоением квалификации (степени) «магистр», Утвержденого приказом по МГУ от 22 июля 2011 года № 729 (в редакции приказов по МГУ от 22 ноября 2011 года № 1066, от 21 декабря 2011 года № 1228, от 30 декабря 2011 года № 1289, от 27 мая 2015 года № 501)
- Положения о рабочей учебной программе дисциплины высшего образования (квалификаций «бакалавр» и «магистр»), утвержденного Методическим советом Филиала МГУ в г. Севастополе (протокол № 4 от 2 марта 2012 г.)
- Положения о порядке разработки и утверждения образовательных программ высшего образования, утвержденного Ученым советом Филиала МГУ в г. Севастополе (протокол № 1-15 от 2 марта 2015 г.)
- Типовой программы дисциплины «Линейная алгебра», разработанной Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова.

Рабочая программа разработана

доктором физико-математических наук, профессором Дашковой О.Ю. в 2017 году.

курс – 1

семестр – 2

зачетных единиц 3

академических часов 108**,** *в т.ч.:*

лекций – 34 ч

семинарских занятий – 17 ч

самостоятельная работа – 57 ч

Формы промежуточной аттестации – нет

Форма итоговой аттестации **– зачёт**, **экзамен во 2 семестре**.

Цель и задачи освоения дисциплины.

Цель курса – познакомить студентов с основными теоретическими понятиями линейной алгебры и аналитической геометрии на основе их тесной взаимосвязи, с фундаментальными методами современной алгебры. В процессе обучения студенты должны познакомиться с комплексными числами, элементами теории множеств, групп, колец. Освоить фундаментальные понятия линейной алгебры, методы решения систем линейных уравнений, нахождения собственных векторов матриц и собственных значений.

Задачи курса – дать фундаментальную подготовку по линейной алгебре. В процессе обучения студенты должны усвоить методику построения алгебраических структур, внутреннюю логику, связывающую линейную алгебру и аналитическую геометрию и приобрести навыки исследования и решения алгебраических задач.

Содержание курса излагается по разделам, соответствующим курсу «Линейной алгебры» физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Сначала вводится понятие комплексных чисел, даётся представление о матрицах и действиях над ними. Даётся определение линейного пространства. Вводится понятие линейного оператора. Находятся собственные векторы и собственные значения.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

-***Знать***: основные понятия и результаты по линейной алгебре (теория матриц, системы линейных уравнений, теория многочленов, линейные пространства и линейная зависимость, собственные векторы и собственные значения, канонический вид матриц линейных операторов, свойства билинейных функций, основы теории групп, основы теории решения задач неотрицательных матриц).

-***Уметь***: решать системы линейных уравнений, вычислять определители, исследовать свойства многочленов, находить собственные векторы и собственные значения, канонический вид матриц линейных операторов, знать основные свойства групп, решать задачи вычислительного и теоретического характера в области геометрии евклидовых и унитарных пространств, доказывать утверждения и теоремы.

- *Владеть*: методами линейной алгебры, теории многочленов, аппаратом теории групп и их представлений, находить собственные векторы и собственные значения матрицы.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способность создавать математические модели профессиональных типовых задач и интерпретировать полученные математические результаты, владение знаниями об ограничениях и границах применимости моделей, способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания в области физики(ОНК-5);
- владение фундаментальными разделами математики и информатики, необходимыми для решения задач в профессиональной области (ОНК-6);
- способность использовать современную вычислительную технику и специализированное программное обеспечение в научно-исследовательской работе (ИК-3);
- способность к творчеству, порождению инновационных идей, выдвижение самостоятельных гипотез (СК- 1);
- владеть современными профессиональными знаниями в области физики, математики, современных информационных технологий, компьютерных сетей, программных продуктов и ресурсов интернета и использования их для решения задач профессиональной деятельности (ПК-2).

Формат обучения – контактный.

Содержание разделов дисциплины

	Название темы	Всего	Л час	П час	Всего а/з час	СРС
1	Комплексные числа: построение множества комплексных чисел. Алгебраическая и тригонометрическая формы комплексного числа. Действия над комплексными числами. Возведение в степень.	7	2	1	3	4
2	Матрицы и определители. Линейные операции над матрицами. Умножение матриц. Определители и их свойства. Теорема об определителе произведения матриц. Обратная матрица.	5	2	1	3	2
3	Линейная зависимость и линейная независимость строк и столбцов матрицы. Ранг матрицы. Теорема о базисном миноре. Ранг произведения матриц. Инвариантность	5	2	1	3	2
4	Система линейных алгебраических уравнений. Правило Крамера. Исследование и решение систем общего вида. Теорема Кронекера – Капели. Общее решение системы.	14	4	2	6	8
5	Линейные пространства. Определение и свойства линейных пространств над полем действительных и комплексных чисел. Базис и координаты. Размерность линейного пространства. Преобразование базиса и координат. Подпространства. Линейные оболочки. Изоморфизм линейных пространств.	15	6	3	9	6
7	Определения евклидова и унитарного пространства. Неравенство Коши-Буняковского. Ортонормированный базис. Разложение евклидова пространства на прямую сумму подпространств. Изоморфизм	13	4	2	6	7

	евклидовых и унитарных пространств. Общий вид линейного функционала в евклидовом пространстве.					
8	Понятие линейного оператора. Матрица линейного оператора. Действия над линейными операторами и соответствующие действия над матрицами. Обратный оператор. Инвариантное подпространство линейного оператора. Собственные векторы и собственные значения линейного оператора. Сопряженный, симметричный, ортогональный операторы в евклидовом пространстве, их свойства.	17	6	3	9	8
9	Понятие билинейной и квадратичной формы. Приведение квадратичной формы к каноническому виду методом Лагранжа и методом ортогональных преобразований. Закон инерции квадратичных форм. Классификация квадратичных форм. Критерий Сильвестра.	15	4	2	6	10
10	Понятие тензора. Основные операции над тензорами. Метрический тензор. Примеры тензоров (тензор инерции, тензор деформаций, тензор напряжений).	7	2	1	3	5
11	Понятие группы. Примеры групп. Группа преобразований линейного пространства. Группа преобразований Лоренца.	7	2	1	3	5
	Итого	110	34	17	53	57

ПЛАНЫ ЛЕКЦИЙ

№ лекции	Тема лекции	Часы
	Раздел 1. Комплексные числа. Матрицы. Операции над матрицами.	**4**
Лекция 1.	Комплексные числа: построение множества комплексных чисел. Алгебраическая и тригонометрическая формы комплексного числа. Действия над комплексными числами. Возведение в степень.	2
Лекция 2.	Матрицы и определители. Линейные операции над матрицами. Умножение матриц. Определители и их свойства. Теорема об определителе произведения матриц. Обратная матрица.	2
	Раздел 2. Система линейных алгебраических уравнений.	**6**

Лекция 3.	Линейная зависимость и линейная независимость строк и столбцов матрицы. Ранг матрицы. Теорема о базисном миноре. Ранг произведения матриц. Инвариантность	2
Лекция 4.	Система линейных алгебраических уравнений. Правило Крамера. Исследование и решение систем общего вида. Теорема Кронекера – Капели. Общее решение системы.	4
	Раздел 3. Линейное пространство	**6**
Лекция 5.	Линейные пространства. Определение и свойства линейных пространств над полем действительных и комплексных чисел. Базис и координаты. Размерность линейного пространства. Преобразование базиса и координат. Подпространства. Линейные оболочки. Изоморфизм линейных пространств.	6
	Раздел 4. Евклидовы и унитарные пространства.	**4**
Лекция 6	Определения евклидова и унитарного пространства. Неравенство Коши-Буняковского. Ортонормированный базис. Разложение евклидова пространства на прямую сумму подпространств. Изоморфизм евклидовых и унитарных пространств. Общий вид линейного функционала в евклидовом пространстве.	4
	Раздел 5. Линейные операторы в конечномерном пространстве	**6**
. Лекция 7	Понятие линейного оператора. Матрица линейного оператора. Действия над линейными операторами и соответствующие действия над матрицами. Обратный оператор. Инвариантное подпространство линейного оператора. Собственные векторы и собственные значения линейного оператора. Сопряженный, симметричный, ортогональный операторы в евклидовом пространстве, их свойства.	6
	Раздел 6. Билинейные и квадратичные формы.	**4**
Лекция 8	Понятие билинейной и квадратичной формы. Приведение квадратичной формы к каноническому виду методом Лагранжа и методом ортогональных преобразований. Закон инерции квадратичных форм. Классификация квадратичных форм. Критерий Сильвестра.	4
	Раздел 7. Тензоры. Элементы теории групп	**4**
Лекция 9	Понятие тензора. Основные операции над тензорами. Метрический тензор. Примеры тензоров (тензор инерции, тензор деформаций, тензор напряжений).	2
Лекция 10	Понятие группы. Примеры групп. Группа преобразований линейного пространства. Группа преобразований Лоренца.	2
	Итого за 2 семестр	**34**

План семинарских занятий.

№ занятия	Тема занятия	Часы
	Раздел 1. Комплексные числа. Матрицы. Операции над	

	матрицами	
Занятие 1	Комплексные числа. Алгебраическая форма записи (41.1(а,г,е), 41.5(а), 41.6(а), 41.7, 41.9(а), 41.10(в,г), 41.11(а)). Тригонометрическая форма записи, формула Муавра (42.1-3, 42.8, 42.23(а), 42.27, 42.32). Операции над матрицами. Элементарная техника матричных операций (1.1, 1.3, 1.18, 1.19(б, е), 1.35, 1.36, 1.23, 1.25). Номера задач указаны из задачника Ким Г.Д., Крицкова Л.В. [4]	2
	Раздел 2. Система линейных алгебраических уравнений.	
Занятие 2	Система линейных алгебраических уравнений. Правило Крамера (19.3, 19.10, 19.18). Метод Гаусса (21.1-3, 21.20(б), 21.28, 21.37, 21.40).	2
	Раздел 3. Линейное пространство	
Занятие 3	Линейное пространство над произвольным полем.. Определение, примеры (44.5, 44.9, 44.4аб, 44.11аб). Линейная зависимость, база и ранг системы векторов (44.19, 44.18а, 44.21а. 44.24. 44.31, 4434, 44.55). Базис, размерность. Координаты вектора. Матрица перехода к другому базису (44.62, 44.68, 44.73, 44.75, 44.80, 44.87).	2
	Раздел 4. Евклидовы и унитарные пространства.	
Занятие 4	Евклидово (унитарное) пространство. Определение, неравенство Коши-Буняковского-Шварца. Длина вектора (47.2, 47.5абд, 47.6, 47.10абв, 47.24, 47.27, 47.32). Ортогональные системы векторов (48.1, 48.4, 48.19, 48.21, 48.25(3). 48.37(2))	2
	Раздел 5. Линейные операторы в конечномерном пространстве.	
Занятие 5	Линейные операторы в линейном пространстве. Определение и простейшие свойства (52.3, 52.5а, 52.6аб. 52.7, 52.11аб, 52.19). Матрица линейного оператора (52.24. 52.27, 52.6аб, 52.7, 52.11аб, 52.19).	2
Занятие 6	Структура линейного оператора. Собственные значения и собственные векторы (57.2, 57.5, 57.9, 57.10, 57.11, 57.17, 57.25ав, 57.34, 57.41, 57.50, 57.51, 57.73ад, 57.77).	1
Занятие 7	Контрольная работа по темам 1-6	2
	Раздел 6. Билинейные и квадратичные формы.	
Занятие 8	Билинейные и квадратичные формы. Формы в линейном пространстве. Метод Лагранжа (67.1(2-5), 67.2, 67.4(2), 67.6, 67.9(2,7), 67.11(3, 7), 67.17). Правило Якоби, критерий Сильвестра (68.1(1), 68.2(1), 68.5(1))	2
	Раздел 7. Тензоры. Элементы теории групп	
Занятие 9	Элементы общей алгебры. Группа. подгруппа, смежные классы, изоморфизм групп (39.1-4, 39.9, 39.11(а,б), 39.12, 39.14, 39.20, 39.26(в), 39.27, 43.7, 39.29, 39.45, 39.49, 39.21, 39.56(а), 39.57(а), 39.58)	2
	Итого за 2 семестр	**17**

Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в общей характеристике ОПОП.

Пример контрольной работы.

1. Найти A^{39}.

$$A=\begin{pmatrix} \cos\frac{\pi}{39} & -\sin\frac{\pi}{39} & 0 \\ \sin\frac{\pi}{39} & \cos\frac{\pi}{39} & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

2. Линейное преобразование φ действительного векторного пространства $R^n\,(n\geq 3)$ задается правилом: $\varphi(x_1,x_2,x_3,...,x_{n-1},x_n)=(x_1+x_2,x_2+x_3,...,x_{n-1}+x_n,2x_n)$. Найти собственные векторы преобразования φ, которым отвечает собственное значение 2.

Вопросы к экзамену

1. Операции над матрицами и их свойства.
2. Элементарные преобразования матрицы. Приведение к ступенчатому виду.
3. Матрицы элементарных преобразований.
4. Перестановки
5. Определитель квадратной матрицы. Простейшие свойства.
6. Миноры и их алгебраические дополнения. Теорема Лапласа.
7. Разложение определителя по строке (столбцу).
8. Невырожденные матрицы. Обратная матрица.
9. Линейное пространство. Определение, простейшие свойства. Арифметическое пространство.
10. Линейная зависимость в линейном пространстве.
11. Ранг матрицы. Теорема о базисном миноре.
12. Ранг произведения матриц. Инвариантность ранга относительно элементарных преобразований.
13. Базис и размерность линейного пространства.
14. Координаты вектора в линейном пространстве. Свойство линейности координат.
15. Переход к другому базису в линейном пространстве.
16. Система линейных алгебраических уравнений. Правило Крамера.
17. Метод Гаусса исследования и решения систем линейных алгебраических уравнений.
18. Исследование и решение линейных систем общего вида. Теорема Кронекера – Капели. Общее решение системы.
19. Евклидовы и унитарные пространства, примеры. Теорема о превращении конечномерного действительного пространства в евклидово.
20. Векторы в евклидовом пространстве. Неравенство Коши-Буняковского.
21. Процесс ортогонализации Грамма-Шмидта.
22. Классификация линейных отображений. Примеры линейных отображений. Свойства линейных отображений.
23. Матрица линейного оператора, координаты вектора. Изменение матрицы оператора при замене базиса.
24. Характеристический многочлен линейного оператора. Собственные значения и собственные векторы линейного оператора, их свойства.
25. Билинейные и квадратичные формы. Закон инерции квадратичных форм. Классификация квадратичных форм. Критерий Сильвестра.

26. Тензоры. Основные операции над тензорами.
27. Группы. Основные свойства. Группа преобразований Лоренца.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
ОБЩИЕ ПРАВИЛА РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ КУРСА

Рейтинг определяет качество учебной работы студента по всем дисциплинам, считая их равноправными по значимости при подготовке бакалавра в соответствии с образовательно-профессиональной программой и квалификационной характеристикой.

Рейтинг студента − это количественная характеристика его успеваемости и результатов общественной деятельности, определяемая после каждого семестра как сумма семестровых рейтингов.

Семестровый рейтинг − это интегральная количественная характеристика успеваемости и результатов общественной деятельности студента за семестр, определяемая на основе суммарных семестровых оценок.

Суммарная семестровая оценка по учебной дисциплине − это количественная характеристика успеваемости студента, выраженная в баллах и определяемая как сумма модульных оценок с учетом (или без учета) результатов семестрового экзамена (зачета).

Модуль − это логически законченная часть теоретического и (или) практического материала учебной дисциплины, которая завершается модульным контролем с выставлением модульной оценки. Разбивка учебного материала на модули предусматривается учебной программой.

Модульная (рубежная) оценка − это количество баллов, которое набрал студент при модульном (рубежном) контроле. Суммарная модульная оценка определяется как сумма всех модульных оценок по учебной дисциплине за семестр и формируется по 100-балльной (%) шкале.

Студент допускается к рубежному семестровому контролю успеваемости по учебной дисциплине, если он положительно выполнил все виды работ, предусмотренных рабочей учебной программой.

Для установления соответствия суммарной семестровой оценки по каждой учебной дисциплине государственной оценке (т.е. по четырех балльной системе) применяется шкала преобразований.

Студент, который успешно прошел все модульные контроли и имеет суммарную оценку не ниже 60 баллов (%) может быть освобожден от соответствующего рубежного семестрового контроля согласно п 2.4 "Положения о курсовых экзаменах и зачетах".

При получении студентом суммарной модульной оценки ниже 30 баллов (%); студент сдает и пересдает семестровый рубежный контроль комиссии, назначенной по решению методической комиссии или зав. кафедрой.

Итоговая государственная оценка за дисциплину выставляется по результатам всего курса и его рейтинга (как сумма семестровых оценок с учетом оценки за экзамен).

1. Для каждой составляющей рейтинга установлен коэффициент значимости ***($K_{знач.}$):***

посещения лекции – 0,5;
посещения сем. занятий – 0,5;
оценки на занятии (текущая) – 1;
оценки за контрольную работу – 2;
оценки за реферат (научную работу) – 4;
оценки на теоретическом зачете – 4;
оценки на теоретическом экзамене – 5.

2. Оценка знаний на текущем занятии проводится по системе баллов 0-5, на теоретическом зачете (экзамене) по 10-бальной системе, считая 0-4 (неуд.), 5-6 (удов.), 7-8 (хор.), 9-10 (отл.).

3. Пропущенные занятия перед зачетом (экзаменом) должны быть отработаны; Практическое (семинарское) занятие и его задания выполнены, сохранены в файле в профиле компьютерной сети Филиала и защищены преподавателю.

Упрощенная методика расчета рейтинга курса «Линейная алгебра»

$$R_{информатика} = R_{посещения\ ауд\ зан} + R_{оценок\ ауд\ зан} + R_{контр\ работ} + R_{реферат\ (НР)} + R_{зачет1} + R_{зачет2} + R_{экзамен} = R_{инф1} + R_{инф2} + R_{инф3}, \quad (1)$$

где $R_{посещения\ ауд\ зан} = 0{,}5\bullet$ *часы лекций* $+0{,}5\bullet$ *(часы ПЗ-5);*

$R_{оценок\ ауд\ зан} = 1\bullet 6^{*}\bullet (5 \div 3) + 1\bullet$ *(часы ПЗ)* $\bullet (5 \div 3)$

**оцениванию подлежит конспекты лекций и самостоятельной работы за каждый семестр; за каждый час (работу над заданием) ПЗ студент должен получить оценку;*

$R_{контр\ работ} = 2\bullet 4^{*}\bullet (5 \div 3)$

** оцениванию подлежит четыре контрольные работы, выполняемых на ПЗ;*

$R_{реферат(НР)} = 4\bullet (1 \div 3)^{*}\bullet (5 \div 3)$

**оцениванию подлежит один обязательный реферат и, возможно, 2 научные работы, выполняемые студентом по тематике курса;*

$R_{зачет1} = 4\bullet (5 \div 3);$

$R_{зачет2} = 4\bullet (5 \div 3);$

$R_{экзамен} = 5\bullet (5 \div 3).$

Семестровые оценки рейтинга как слагаемые рейтинга за курс необходимы для определения условий успеваемости по заданным критериям и принятия решений по стимулированию отлично успевающих студентов:

$$R_{инф1} = R_{посещения\ ауд\ зан1} + R_{оценок\ ауд\ зан1} + R_{контр\ работ1} + R_{реферат\ (НР)\ 1} + R_{зачет1} = R_{тек\ сем\ 1} + R_{зачет1} \quad (2)$$

$$R_{инф2} = R_{посещения\ ауд\ зан2} + R_{оценок\ ауд\ зан2} + R_{контр\ работ2} + R_{реферат\ (НР)\ 2} + R_{зачет2} = R_{тек\ сем\ 2} + R_{зачет2} \quad (3)$$

$$R_{инф3} = R_{посещения\ ауд\ зан3} + R_{оценок\ ауд\ зан3} + R_{контр\ работ3} + R_{реферат\ (НР)\ 3} + R_{экзамен} = R_{тек\ сем\ 3} + R_{экзамен} \quad (4)$$

Разброс оценок в значениях $(5 \div 3)$ определяет случаи минимального и максимального количество баллов и, так называемые, траектории на «удовлетворительно» и «отлично», в пределах которых находится область допустимых значений успеваемости студента.

"Зачтено" студенту в первом и втором семестре выставляется, если его $R_{инф1,\ 2.или}$ $R_{тек\ сем1,2}$ превысил минимальное количество баллов за семестр по курсу, т.е. его траектория попадает в область допустимых значений.

При наличии у студента 65% $R_{инф1,2\ max.}$; определяются как условия, когда он может быть освобожден от зачета. При этом, если у студента суммарная оценка ниже 30%; он рассматривается как явно неуспевающий по дисциплине, сдает (и пересдает) экзамен после обязательного выполнения практических заданий курса. Исключения могут составлять студенты, занимающиеся по утвержденному в вузе индивидуальному плану занятий студента. Их рейтинг должен быть также рассчитан относительно области допустимых значений.

Итоговая оценка за освоенный курс (с учетом оценки на экзамене) выставляется при наличии в рейтинге $R_{информатика}$ необходимых баллов и соотношениях:

"отлично" при 90 – 100 % от $R_{информатика\ max}$.;

"хорошо" при 80 – 89 % от $R_{информатика\ max}$;

"удовлетворительно" при 65 – 79 % от $R_{информатика\ max}$;

"неудовлетворительно" при менее 65 % от $R_{информатика\ max}$.

При наличии у студента до экзамена рейтинга ≥ 90% от максимального $R_{информатика\ max}$; определяются как условия, когда он может быть освобожден от экзамена с выставлением итоговой оценки "отлично".

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература

1. Воеводин В.В. Линейная алгебра. М.: Наука,1974 г.
2. Гельфанд И.М. Лекции по линейной алгебре. М.: Наука,1966 г.
3. Ильин В.А., Ким Г.Д. Линейная алгебра и аналитическая геометрия. Изд-во МГУ, 1998.
4. Ким Г.Д., Крицков Л.В. Алгебра и аналитическая геометрия. Теоремы и задачи, М., 2003 г.
5. Муратов М.А., Островский В.Я., Самойленко Ю.С. Конечномерный линейный анализ. I. Линейные операторы в конечномерных векторных пространствах (L). Киев, 2011.
6. Фадеев Д.К. Лекции по алгебре. М.: Наука, 1984 г.
7. Кострикин А.И., Манин Ю.И. Линейная алгебра и геометрия. Лань, 2008.

б) дополнительная литература:

8. Ильин В.А., Позняк Э.Г. Линейная алгебра. М.: Наука, 1984.
9. Ильин В.А., Позняк Э.Г. Аналитическая геометрия. М.: Наука, 1971.
10. Кострикин И.А., Сенченко Д.В., Слепак Б.Э., Черемных Ю.Н. Линейная алгебра: Изд-во МГУ, 1990.
11. Цубербиллер О.Н. Сборник задач по аналитической геометрии. М.: Наука, 1970.
12. Шилов Г.Е. Введение в теорию линейных пространств. М.: Наука, 1956.
13. Проскуряков И.В. Сборник задач по линейной алгебре. М.: Наука, 1984.

Програмное обеспечение и Интернет-ресурсы:

http://mech.math.msu.su/department/algebra

Рабочая программа разработана

доктором физико-математических наук, профессором Дашковой О.Ю. в 2019 году.