

«УТВЕРЖДАЮ»

**И.о. декана инженерно-физического
факультета**

 **/Алиева М.Ф.**

« 16 » марта 2021 г.



Рабочая программа дисциплины

Б1.В.ДВ.03.01 Математические модели в экологии

Направление подготовки 03.03.02 Физика

Направленность: Фундаментальная физика

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Майкоп, 2021

Факультет: Инженерно-физический

Кафедра: Теоретической физики

Составитель (разработчик) программы: д.ф.-м.н., доцент Тлячев В.Б.



Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры теоретической физики,
протокол № 8 от «16» марта 2021 г.

Заведующий кафедрой: д.ф.-м.н., доцент Тлячев В.Б.



Согласовано:

Председатель УМК факультета: ст. преподаватель Плисенко О.А.



Содержание

Пояснительная записка.....	4
1. Цели и задачи дисциплины (модуля).	4
2. Объем дисциплины (модуля) по видам учебной работы	6
3. Содержание дисциплины (модуля)	6
4. Самостоятельная работа обучающихся	6
5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)	20
6. Образовательные технологии	22
7. Методические рекомендации по дисциплине (модулю)	23
8. Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов	28
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	29
10. Лист регистрации изменений.....	30

Пояснительная записка

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика, направленность Фундаментальная физика.

Дисциплина «Математические модели в экологии» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплины по выбору Б1.В.ДВ.3) блока дисциплин учебного плана.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения и владения, сформированные в ходе изучения следующих дисциплин и прохождения практик: основы математического анализа, аналитическая геометрия и линейная алгебра, численные методы и математическое моделирование, дифференциальные уравнения, ознакомительная практика 1.

Трудоемкость дисциплины: 3 з.е./ 108 ч.;

Контактная работа – 68,25 ч.:

занятия лекционного типа – 32 ч.

занятия семинарского типа (практические) – 34 ч.

контроль самостоятельной работы – 2 ч.

иная контактная работа – 0,25 ч.

Самостоятельная работа – 39,75 ч.

контроль – 0 ч.

Ключевые слова: экология, математическая модель, дифференциальные уравнения, системы, численные методы, модели Мальтуса, Лоттки-Вольтерра..

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Цель дисциплины состоит в формировании следующих общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

- способность применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности (ОПК-1),
- способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1),
- способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований (ПК-5).

Задачи дисциплины:

- усвоение понятий и приобретение навыков, необходимых для решения практических задач моделирования;
- построение математической модели процесса;
- методы исследования математических моделей в экологии;
- понятие адекватности модели и анализ решения с точки зрения практических приложений.

Таблица 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Результаты обучения
ОПК 1	ОПК-1.1. Анализирует проблемы, процессы и явления в области физики, использует на практике базовые знания и методы физических исследований.	<i>Знает:</i> методику анализа основных проблем и процессов, происходящих в биологических системах. <i>Умеет:</i> анализировать, исследовать и модифицировать базовые математические модели в экологии; анализировать во взаимосвязи явления и процессы в экологических системах (как совокупности живых организмов и элементов неживой природы). <i>Владеет:</i> методологией исследования глобальных проблем в экологии.
	ОПК-1.4. Использует математический аппарат для описания, анализа теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности.	<i>Знает:</i> математический аппарат для теоретического описания и анализа экологических систем. <i>Умеет:</i> применять основные математические методы при описании и анализе биологических систем. <i>Владеет:</i> математическим аппаратом для описания, анализа теоретического и экспериментального исследования.
ПК 1	ПК-1.1. Разрабатывает концепции, теории, измерительные приборы, программное обеспечение и методы в области физики для освоения профильных физических дисциплин.	<i>Знает:</i> основные концепции, теории, программное обеспечение используемые для математического моделирования поведения экологических систем. <i>Умеет:</i> пользоваться соответствующим программным обеспечением для математического моделирования эволюции экологических систем. <i>Владеет:</i> навыком разработки компьютерных программ в различных средах при осуществлении математического моделирования эволюции экологических систем.
	ПК-1.2. Применяет специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин.	<i>Знает:</i> фундаментальные законы физики, которые могут помочь в освоении профильных физических дисциплин. <i>Умеет:</i> применять специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин.
ПК 5	ПК-5.1. Использует современные приемы обработки информации и представления экспериментальных данных.	<i>Знает:</i> современные приемы обработки информации и представления экспериментальных данных в области математического моделирования в экологии. <i>Умеет:</i> использовать современные программные средства обработки информации и представления данных. <i>Владеет:</i> навыком работы с современными компьютерными средствами математического моделирования, обработки и представления данных.

2. Объем дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Таблица 2. Объем дисциплины (модуля) общая трудоемкость: 3 з.е. / 108 ч.

Форма обучения очная

Виды учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах			
		IV			
Общая трудоемкость дисциплины	108				
Контактная работа:					
занятия лекционного типа	32	32			
занятия семинарского типа (семинары)	34	34			
контроль самостоятельной работы	2	2			
иная контактная работа	0,25	0,25			
контролируемая письменная работа					
контроль					
Самостоятельная работа (СР)	39,75	39,75			
Курсовая работа (проект)					
Вид промежуточного контроля	экзамен				

3. Содержание дисциплины (модуля)

Таблица 3. Распределение часов по темам и видам учебной работы

Форма обучения очная

Семестр IV

Номер раздела	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Объем в часах					ИКР
		Всего	Л	ПЗ	КСР	СР	
1	Основы экологии. Математическое введение. Понятие устойчивости. Фазовый портрет системы на плоскости. Бифуркационная диаграмма.	14,75	4	4	0,5	6	0,25
2	Простейшие математические модели популяционной динамики. Демографическая модель роста Мальтуса (жесткая и мягкая).	16,25	4	6	0,5	5,75	
3	Динамика популяции при внутривидовом агрегировании.	12	4	4		4	
4	Динамика численности популяции в ограниченной среде (Ферхюльста-Перла).	14,5	4	4	0,5	6	
5	Модель «хищник-жертва». Модель Лотки-Вольтерра.	18,5	6	6	0,5	6	
6	Модель эпидемии.	18	6	6		6	
7	Модель Колмогорова «хищник-жертва».	14	4	4		6	
Итого		108	32	34	2	39,75	0,25

Элементы лекционных занятий

В настоящее время сформировалось два основных направления исследований: экосистемное и популяционное. Причем при изучении растительных сообществ чаще используется экосистемный подход, а сообществ наземных животных и птиц – популяционный. Сообщества водных организмов служат объектом для обоих подходов. К математическим ключевым словам были отнесены названия статистических характеристик, методов преобразования и обработки данных, пакетов прикладных программ. Выделяется шесть смысловых групп математических терминов:

- I. Стандартные статистические методы;
- II. Многомерные методы (множественная регрессия и многофакторный дисперсионный анализ);
- III. Отклонение от нормальности, непараметрические методы;
- IV. Таблицы сопряженности и множественные сравнения;
- V. Марковские случайные процессы;
- VI. Дифференциальные уравнения.

Группы II и III характеризуют более продвинутые (сложные) методы по сравнению с группой I. Группу III характеризуют методы, в которых, в отличие от базовых, не выполняется предположение о нормальности данных, а в группе II представлены многофакторные методы. Группы IV характеризуется акцентом на дискретную природу факторов. Наконец, группы V и VI связаны с построением динамических моделей – вероятностных и детерминистских.

Математическая модель роста Мальтуса (жесткая и мягкая)¹

Простейшая модель роста $\dot{x} = kx$ предложена Мальтусом (для роста населения Земли). Она ведет, как хорошо известно, к экспоненциальному (очень быстрому) росту населения x с течением времени. Явления насыщения происходят в любой популяции (и, вероятно, вскоре произойдут с человечеством в целом): когда население становится слишком большим, мальтусовская жесткая модель с постоянным коэффициентом роста k перестает быть применимой. Естественно, при слишком больших x конкуренция за ресурсы (пищу, гранты и т. д.) приводит к уменьшению k , и жесткая модель Мальтуса должна быть заменена мягкой моделью

$$\dot{x} = k(x)x$$

с зависящим от населения коэффициентом размножения. Простейшим примером является выбор $k(x) = a - bx$, что приводит к так называемой **логистической модели** (рис. 1):

$$\dot{x} = ax - bx^2, \text{ например, } \dot{x} = x - x^2.$$

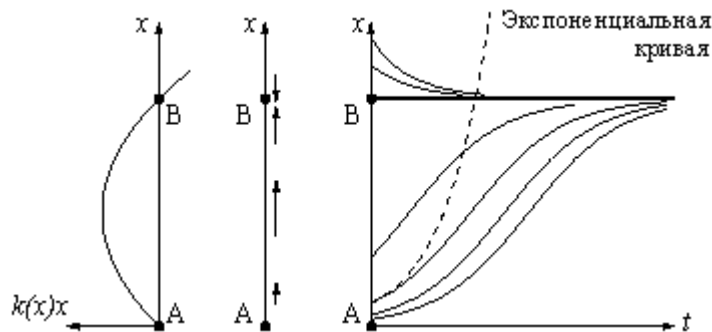


Рис. 1. Логистическая модель

Выбором системы единиц x и t можно превратить коэффициенты a и b в 1. Подчеркну, однако, что выводы, которые будут сделаны ниже, остаются (с точностью до числовых значений констант) справедливыми и при любых значениях коэффициентов a и b и даже для широкого класса моделей с различными (убывающими с x) функциями $k(x)$. Иными словами, дальнейшие выводы относятся ко всей мягкой модели, а не к специальной жесткой логистической модели.

На рис. 2 слева изображен график функции $k(x)x$, положительной между точками A и B. В центре изображено векторное поле (именно, в каждой точке, изображающей состояния, приложен вектор скорости изменения этого состояния, т.е. \dot{x}) на

¹ По материалам книги В.И. Арнольд. Обыкновенные дифференциальные уравнения: Учеб. пособие для вузов.

изображающей всевозможные состояния системы оси x . Оно указывает скорость эволюции состояния. В точках A и B скорость равна нулю: это стационарные состояния. Между A и B скорость положительна (население растет), а за точкой B - отрицательна (население убывает). Справа изображена результирующая зависимость населения от времени при разных начальных условиях.

Модель предсказывает, что с течением времени устанавливается стационарный режим B , который устойчив: большее население уменьшается, меньшее - увеличивается.

Логистическая модель удовлетворительно описывает многочисленные явления насыщения. Вблизи A , когда население мало, она очень близка к мальтузианской модели. Но при достаточно больших x (порядка $1/2$ при нашем выборе коэффициентов) наблюдается резкое отличие от мальтузианского роста (обозначенного на рис. 2 пунктиром): вместо ухода x на бесконечность население приближается к стационарному значению B . Население Земли сейчас приближается к 6 миллиардам. Стационарное значение (по разным оценкам) 16-20 миллиардов человек.

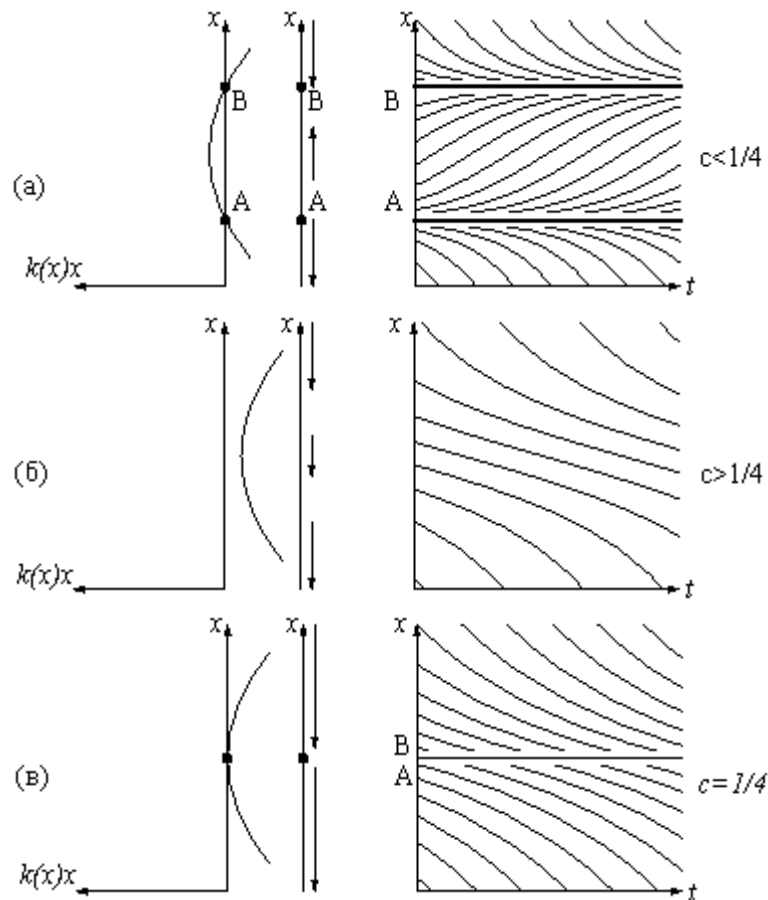


Рис. 2. Недолов (а), перелов (б) и оптимизация (в) рыболовства

Логистическая модель является обычной в экологии. Можно себе представить, например, что x - это количество рыб в озере или в мировом океане. Посмотрим теперь, как скажется на судьбе этих рыб рыболовство с интенсивностью c :

$$\dot{x} = x - x^2 - c.$$

Вычисления показывают, что ответ резко меняется при некотором критическом значении квоты вылова, c . Для нашей жесткой модели это критическое значение есть $c = 1/4$, но аналогичные явления имеют место и для мягкой модели

$$\dot{x} = x - k(x)x - c$$

(критическое значение c в этом случае максимум функции $k(x)x$).

Ход эволюции числа рыб x с течением времени t изображен на рис. 3. Если квота c

мала, то изменения (по сравнению со свободной популяцией, для которой $c = 0$) состоят в следующем.

Система имеет два равновесных состояния, A и B . Состояние B устойчиво: популяция в этом случае несколько меньше, чем необлавливаемая, но она восстанавливается при малых отклонениях x от равновесного значения B .

Состояние A неустойчиво: если вследствие каких-либо причин (скажем, браконьерства или мора) размер популяции упадет хоть немного ниже уровня A , то в дальнейшем популяция (хотя и медленно, если отличие от A невелико) будет уничтожена полностью за конечное время.

Выбор значения параметра c является чрезвычайно важным моментом управления эксплуатацией популяции x . Стремясь к увеличению квоты эксплуатации c , разумная планирующая организация не должна превосходить критический уровень (в нашем случае $c = 1/4$). Оптимизация приводит к выбору именно критического значения $c = 1/4$, при котором эксплуатируемая популяция еще не уничтожается, но доход от эксплуатации за единицу времени достигает максимально возможного значения $c = 1/4$ (большой доход в нашей популяции *в течение длительного времени* невозможен, так как максимальная скорость прироста даже и неэксплуатируемой популяции есть $1/4$).

Из нижней части рис. 2 мы видим, что произойдет при таком "оптимальном" выборе, $c = 1/4$. Какова бы ни была начальная популяция $x > 1/2$, с течением времени она выйдет на стационарный режим $A = B = 1/2$. Эта стационарная популяция, однако, неустойчива. Небольшое случайное уменьшение x приводит к полному уничтожению популяции за конечное время.

Следовательно, *оптимизация параметров плана может приводить* (и приводит во многих случаях, из которых наша модель - лишь простейший пример) *к полному уничтожению планируемой системы вследствие возникающей из-за оптимизации неустойчивости*.

Эта мягкая модель, при всей своей очевидной примитивности, позволяет, однако, предъявить способ борьбы с указанным злом. Оказывается, устойчивость восстанавливается, если заменить жесткое планирование **обратной связью**. Иными словами, решение о величине эксплуатации (квоты вылова, налогового пресса и т. д.) следует принимать не директивно ($c = \text{const}$), а в зависимости от достигнутого состояния системы:

$$c = kx,$$

где параметр k ("дифференциальная квота") подлежит выбору.

В этом случае модель принимает вид (рис. 3)

$$\dot{x} = x - x^2 - kx.$$

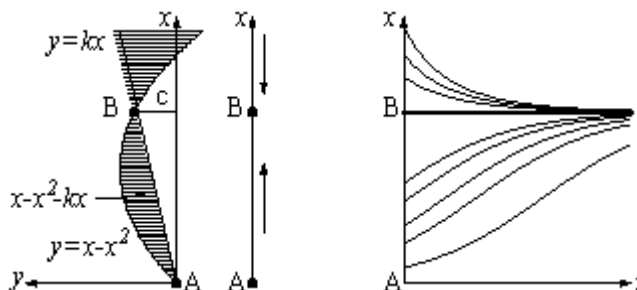


Рис. 3. Устойчивая система с обратной связью

При $k < 1$ с течением времени устанавливается стационарное состояние B , которое устойчиво. Средний многолетний "доход" $c = kx$ в этом состоянии оптимален, когда прямая $y = kx$ проходит через вершину параболы $y = x - x^2$, т. е. при $k = 1/2$. При этом выборе дифференциальной квоты k средний "доход" $c = 1/4$ достигает максимального возможного в нашей системе значения. Но, в отличие от жестко планируемой системы, система с

обратной связью устойчива и при оптимальном значении коэффициента k (небольшое случайное уменьшение по отношению к стационарному уровню $x=B$ приводит к автоматическом восстановлению стационарного уровня силами самой системы).

Более того, небольшое отклонение коэффициента от оптимального значения $k=1/2$ приводит не к самоуничтожению системы (как это было при небольшом отклонении от оптимального жесткого плана c), а лишь к небольшому уменьшению "дохода".

Итак, *введение обратной связи (т. е. зависимости принимаемых решений от реального состояния дел, а не только от планов) стабилизирует систему, которая без обратной связи разрушилась бы при оптимизации параметров.*

Все сказанное выше останется справедливым и для мягкой модели (с соответствующим пересчетом коэффициентов). Следует подчеркнуть, что именно эта независимость от деталей жесткой модели (которые, как правило, не слишком хорошо известны) делает выводы мягкого моделирования полезными.

Математическая модель межвидовой борьбы Ферхюльста-Перла. Реализация моделей в MAPLE

Решение в общем виде:

```
with(DEtools):
with(plots):
dsolve(diff(x(t),t)=(a-b*x(t))*x(t));
```

$$x(t) = \frac{a}{b + e^{(-a t)} _C1 a}$$

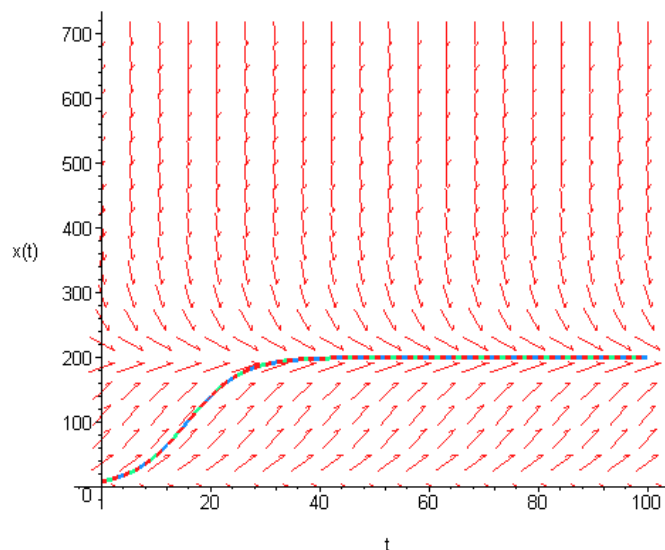
Рассмотрим модель с начальным условием и коэффициентами;

```
with(DEtools):
with(plots):
dsolve(diff(x(t),t)=x(t)-x(t)^2);
```

$$x(t) = \frac{1}{1 + e^{(-t)} _C1}$$

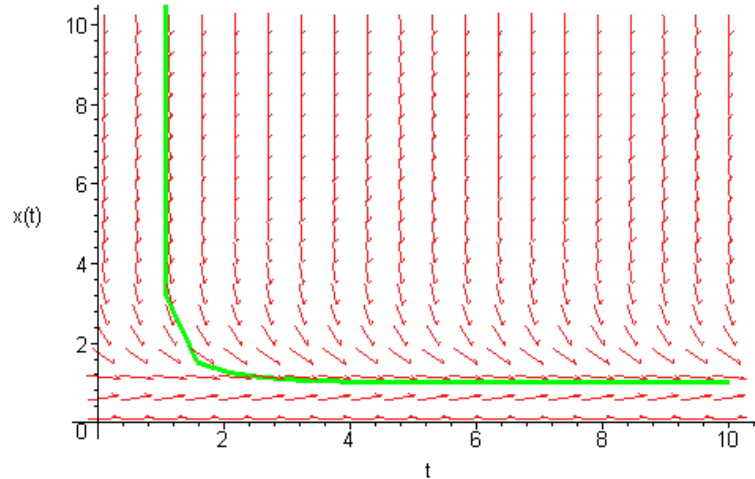
Рассмотрим решения:

```
> with(plots):
with(DEtools):
phaseportrait(D(x)(t)=0.2*x(t)-0.001*x(t)^2,\
x(t),t=0.1..100,[[x(1)=10]],x=0.1..700,linewidth=cos(t*Pi/2),stepsize=1);
```

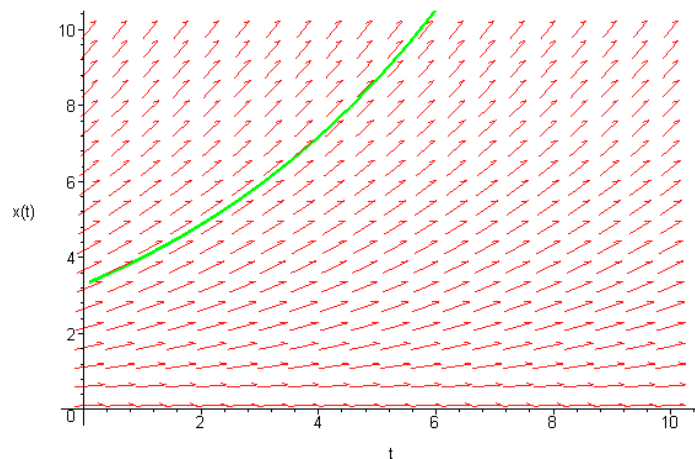


```
> with(plots):
with(DEtools):
```

```
phaseportrait(D(x)(t)=x(t)-x(t)^2,\
x(t),t=0.1..10,[[x(1)=4]],x=0.1..10,linecolour=green,stepsize=1);
```



```
> with(plots):
with(DEtools):
phaseportrait(D(x)(t)=0.2*x(t)-0.001*x(t)^2,\
x(t),t=0.1..10,[[x(1)=4]],x=0.1..10,linecolour=green,stepsize=1);
```



Объединить графики можно с помощью команды **DISPLAY**

```
> with(plots):
with(DEtools):
r1:=phaseportrait(D(x)(t)=x(t)-x(t)^2,\
x(t),t=0.1..10,[[x(1)=4]],x=0.1..10,linecolour=green,stepsize=1):
r2:=phaseportrait(D(x)(t)=0.2*x(t)-0.001*x(t)^2,\
x(t),t=0.1..100,[[x(1)=10]],x=0.1..700,linecolour=cos(t*Pi/2),stepsize=1):
display({r1,r2});
```

Математическая модель Лотки-Вольтерры

```
> restart:
with(plots):
# записываем систему
a1:=5:
b1:=6:
c1:=3:
d1:=4:
sys1:={diff(x(t),t)=a1*x(t)-c1*x(t)*y(t),diff(y(t),t)=
```

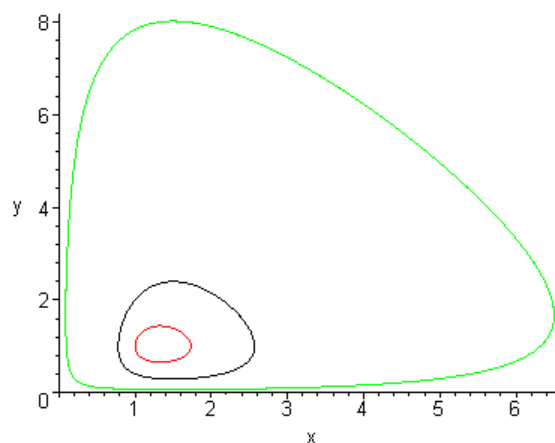
```

b1*y(t)+d1*x(t)*y(t)};
# начальные условия
IC_1:={x(0)=0.1,y(0)=1};
# численно решаем систему дифференциальных уравнений
ans1:=dsolve(sys1 union
IC_1,{x(t),y(t)},numeric,output=listprocedure);
# строим график зависимости x от y
p1:=odeplot(ans1,[x(t),y(t)],0..2*Pi,numpoints=50,color=green);

a2:=1:
b2:=3:
c2:=1:
d2:=2:
sys2:={diff(x(t),t)=a2*x(t)-c2*x(t)*y(t),diff(y(t),t)=-
b2*y(t)+d2*x(t)*y(t)};
IC_2:={x(2)=1,y(2)=2};
ans2:=dsolve(sys2 union
IC_2,{x(t),y(t)},numeric,output=listprocedure);
p2:=odeplot(ans2,[x(t),y(t)],0..2*Pi,numpoints=50,color=black);

a3:=2:
b3:=4:
c3:=2:
d3:=3:
sys3:={diff(x(t),t)=a3*x(t)-c3*x(t)*y(t),diff(y(t),t)=-
b3*y(t)+d3*x(t)*y(t)};
IC_3:={x(0)=1,y(0)=1};
ans3:=dsolve(sys3 union
IC_3,{x(t),y(t)},numeric,output=listprocedure);
p3:=odeplot(ans3,[x(t),y(t)],0..2*Pi,color=red);
# выводим графики зависимостей в одной системе координат
display({p1,p2,p3});

```



Модель эпидемии

$$\begin{cases} x' = axy - bx \\ y' = -axy \\ z' = bx \end{cases}$$

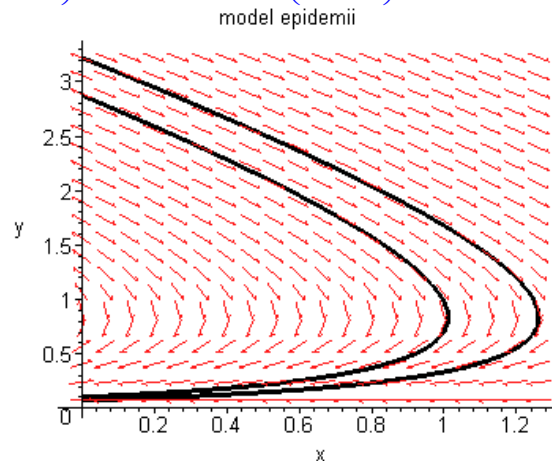
> restart:

```

#коэффициенты а и b,alfa<1
a:=6:b:=5:
#система
sys1:={diff(x(t),t)-a*x(t)*y(t)+b*x(t)=0,
diff(y(t),t)+a*x(t)*y(t)=0};
with(DEtools):
#график решения
DEplot([diff(x(t),t) = a*x(t)*y(t)-b*x(t),
diff(y(t),t)=-a*x(t)*y(t)], [x(t),y(t)], t=-7..7,
[[x(0)=1,y(0)=.7],[x(0)=1.2,y(0)=1.2]], stepsize=.02, title=`model
epidemii`, linecolor=black, method=rkf45);

```

$$sys1 := \left\{ \left(\frac{\partial}{\partial t} y(t) \right) + 6 x(t) y(t) = 0, \left(\frac{\partial}{\partial t} x(t) \right) - 6 x(t) y(t) + 5 x(t) = 0 \right\}$$

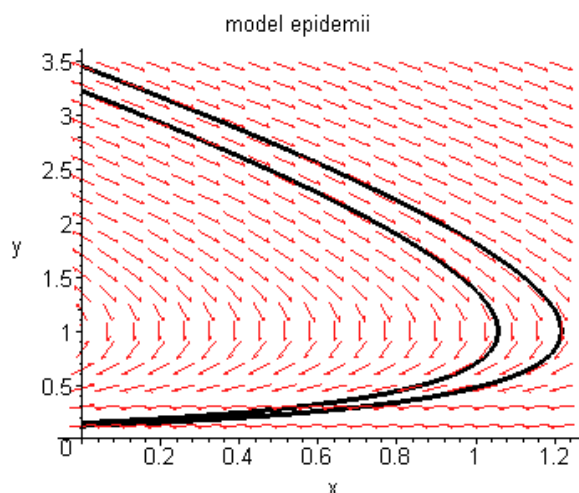


```

> restart:
#коэффициенты а и b,alfa<1
a:=2:b:=2:
#система
sys1:={diff(x(t),t)-a*x(t)*y(t)+b*x(t)=0,
diff(y(t),t)+a*x(t)*y(t)=0};
with(DEtools):
#график решения
DEplot([diff(x(t),t) = a*x(t)*y(t)-b*x(t),
diff(y(t),t)=-a*x(t)*y(t)], [x(t),y(t)], t=-7..7,
[[x(0)=1,y(0)=.7],[x(0)=1.2,y(0)=1.2]], stepsize=.02,
title=`model epidemii`, linecolor=black, method=rkf45);

```

$$sys1 := \left\{ \left(\frac{\partial}{\partial t} x(t) \right) - 2 x(t) y(t) + 2 x(t) = 0, \left(\frac{\partial}{\partial t} y(t) \right) + 2 x(t) y(t) = 0 \right\}$$



```
> restart:
#коэффициенты a и b, alfa<1
a:=2:b:=5:
#система
sys1:={diff(x(t),t)-a*x(t)*y(t)+b*x(t)=0,
diff(y(t),t)+a*x(t)*y(t)=0};
with(DEtools):
#график решения
DEplot([diff(x(t),t) = a*x(t)*y(t)-b*x(t),
diff(y(t),t)=-a*x(t)*y(t)], [x(t),y(t)], t=-7..7,
[[x(0)=1,y(0)=.7],[x(0)=1.2,y(0)=1.2]], stepsize=.02,
title=`model epidemii`, linecolor=black, method=rkf45);
```

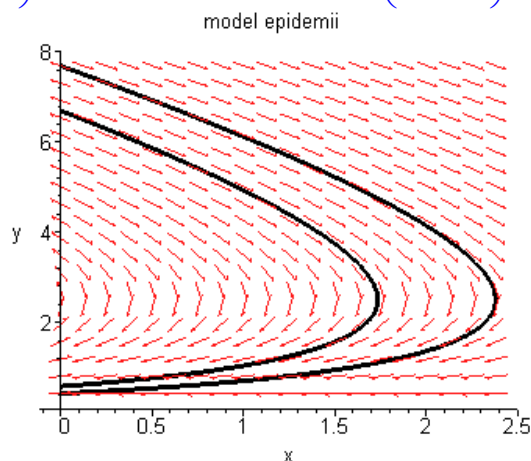
$$sys1 := \left\{ \left(\frac{\partial}{\partial t} x(t) \right) - 2 x(t) y(t) + 5 x(t) = 0, \left(\frac{\partial}{\partial t} y(t) \right) + 2 x(t) y(t) = 0 \right\}$$


Таблица 3а. Содержание и объем практических занятий

Номер ПЗ	Номер раздела и темы	Наименование и краткое содержание ПЗ	Объем в часах
1	Математическое введение. Устойчивость многочленов. Фазовый портрет системы на плоскости. Бифуркационная диаграмма.	Аналитический метод исследования на асимптотическую устойчивость. Метод Ляпунова. Построение фазового портрета и бифуркационной диаграммы динамической системы, правая часть которого многочлен второй степени. Компьютерные программы P5 и Maxima построения фазовых портретов.	4
2, 3	Простейшие математические модели	1. Из эксперимента известно, что скорость размножения бактерий при достаточном запасе	6

	<p>популяционной динамики. Демографическая модель роста Мальтуса (жесткая и мягкая).</p>	<p>пищи пропорциональна их количеству. За какое время количество бактерий увеличится в m раз по сравнению с их начальным количеством?</p> <p>2. Поглощение светового потока тонким слоем воды пропорционально толщине слоя и потоку, падающему на его поверхность. При прохождении через слой толщиной 1 м поглощается $1/4$ первоначального светового потока. Какая часть светового потока дойдет до глубины h?</p> <p>3. Для некоторой группы населения установлено, что вероятность рождения в единицу времени выражается формулой</p> $(0,2 + 0,01N), c^{-1},$ <p>а вероятность смерти в единицу времени равна</p> $0,02N, c^{-1}.$ <p>Приняв начальную численность населения N_0 равной 5, постройте график решения детерминистического уравнения. Определите установившееся решение.</p> <p>4. Рассмотрим модель Мальтуса, учитывающую нестационарность среды:</p> $(5) \quad \frac{dN}{dt} = \varepsilon(t)N(t), \quad N(0) = N_0$ <p>Пусть коэффициент прироста $\varepsilon(t)$ является периодической функцией с периодом, равным T ($T > 0$), т.е.</p> $\varepsilon(t + T) = \varepsilon(t), \quad \forall t > 0$ <p>Обозначим среднее значение коэффициента прироста $\varepsilon(t)$ на промежутке времени длиной T через</p> $(6) \quad \bar{\varepsilon} = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} \varepsilon(\tau) d\tau$ <p>1) Покажите, что функция</p> $(7) \quad \varphi(t) = \exp \left\{ \int_0^t (\varepsilon(\tau) - \bar{\varepsilon}) d\tau \right\}$ <p>является периодической с периодом T.</p> <p>2) Выясните, обладает ли решение $N = N(t)$ уравнения (5) свойством периодичности.</p> <p>3) Пусть среднее значение коэффициента прироста на промежутке времени длиной T равно 0. Будет ли верным равенство среднего значения численности популяции на промежутке времени длиной T значению начальной численности популяции?</p>	
4	Динамика популяции при внутривидовом агрегировании.	Пусть динамика популяции описывается уравнением	4

		$\frac{dN}{dt} = \alpha N(N - L) \frac{K - N}{K}, \quad \alpha > 0, K > L > 0$ <p>где L - нижняя критическая плотность популяции (при начальном значении $N(0) < L$ популяция обречена на вымирание), K - стационарная плотность, аналогичная емкости среды в логистической модели. Постройте интегральные кривые уравнения, характеризующие динамику численности популяции.</p>	
5	Динамика численности популяции в ограниченной среде (Ферхюльста-Перла).	<p>Найдите решение уравнения Ферхюльста-Пирла (Ф-П)</p> $\frac{dN}{dt} = (\varepsilon - \alpha N)N, \quad \varepsilon, \alpha - const > 0,$ <p>удовлетворяющее условию</p> $N(0) = N_0.$ <p>Постройте интегральные кривые уравнения. Дайте биологическую интерпретацию модели. Зная начальную плотность N_0, причем $N_0 < K/2$ ($K = \varepsilon/\alpha$ - емкость среды), выясните, в какой момент времени будет наблюдаться максимальный прирост численности популяции. Замечание: Пусть параметр K - емкость среды, тогда уравнение Ф-П можно записать в виде</p> $\frac{dN}{dt} = \frac{\varepsilon N}{K} (K - N)$	4
6	Модель «хищник-жертва». Модель Лоттки-Вольтерры.	<p>Пусть $(N_1(t), N_2(t))$ - периодическое решение уравнений типа "хищник-жертва" (модель Лоттки-Вольтерры):</p> $\frac{dN_1}{dt} = (\varepsilon_1 - \gamma_1 N_2)N_1, \quad \frac{dN_2}{dt} = (-\varepsilon_2 + \gamma_2 N_1)N_2,$ <p>где ε_i, γ_i - положительные постоянные, $i = 1, 2$. Определим среднее значение функции $N_i(t)$ как</p> $\overline{N_i} = \frac{1}{T} \int_0^T N_i(t) dt,$ <p>где T - период колебаний. Покажите, что</p> $\overline{N_1} = \frac{\varepsilon_2}{\gamma_2}, \quad \overline{N_2} = \frac{\varepsilon_1}{\gamma_1}.$ <p>Предположим, что динамические уравнения модифицированы, т.е. добавлены члены $-\alpha_i N_i$, ($\alpha_i > 0$), соответствующие изъятию части популяции:</p> $\frac{dN_1}{dt} = (\varepsilon_1 - \gamma_1 N_2)N_1 - \alpha_1 N_1,$ $\frac{dN_2}{dt} = (-\varepsilon_2 + \gamma_2 N_1)N_2 - \alpha_2 N_2.$ <p>Такая модификация возникает, например, при</p>	6

		описании влияния рыболовства на популяции рыб или инсектицидов при изучении популяции насекомых. Какое влияние добавленные в уравнения члены оказывают на средние значения функций N_1 и N_2 ? Установите приближенную форму фазовых траекторий классической модели Лотки-Вольтерра и период колебаний вблизи ненулевого положения равновесия.	
7	Модель эпидемии.	Выписать математическую модель эпидемии и исследовать ее на устойчивость.	6
8	Модель Колмогорова «хищник-жертва».	<p>Модель «хищник-жертва» в общем случае (без учета возрастной структуры) имеет следующий вид:</p> $\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = F_1(N_1, N_2)N_1 \\ \frac{dN_2}{dt} = F_2(N_1, N_2)N_2 \end{cases}$ <p>При этом F_1 убывает с ростом N_1 (такие условия позволяют учесть внутривидовую конкуренцию популяции жертвы), F_2 возрастает с ростом N_1 (хищник питается только жертвой). Будем рассматривать модель Колмогорова следующего вида:</p> $(1) \begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = k_1(N_1)N_1 - L(N_1)N_2 \\ \frac{dN_2}{dt} = k_2(N_1)N_2 \end{cases}$ <p>$L(N_1)$ - трофическая функция, которая не зависит от численности хищника, что соответствует отсутствию внутривидовой конкуренции популяции хищника; $k_1(N_1)$ - коэффициент прироста жертвы в отсутствие хищника. Поедание жертвы хищником учитывается слагаемым $L(N_1)N_2$. $k_2(N_1)$ - коэффициент прироста хищником, не зависящий от N_2 (значит, нет внутривидовой конкуренции в популяции хищника). Изучить свойства трофической функции.</p>	4
Итого			34

На практических занятиях используются информационно-поисковые системы и базы данных по экологии:

1. Информационно-поисковая система «Программно-техническое обеспечение учета объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду» (ПТО УОНВОС: URL <https://onv.fsrpn.ru/>)
2. Информационно-справочная система «Особо охраняемые природные территории России» (ООПТ России). URL: <http://oopt.info/>
3. Информационно-поисковая система «EcoWars». URL: <http://ecowars.tv/>
4. Статистическая база данных ООН по демографии. URL: <https://unstats.un.org/unsd/demographic/products/default.htm>
5. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС)

- России. URL: <https://www.fedstat.ru/>
6. Информационно-поисковый национальный портал – каталог ресурсов по охране природы «Природа России». URL: <http://priroda.ru>
 7. Интернет-каталог BioDat-ресурсов. URL: <http://biodat.ru/catal2.html>

4. Самостоятельная работа обучающихся

Цели самостоятельной работы – освоить те разделы дисциплины, которые не были затронуты в процессе аудиторных занятий, но предусмотрены рабочей программой, а также расширить границы получаемых знаний, умений и навыков (владений) в процессе дополнительного изучения отдельных тем, решении практических задач, исследования отдельных вопросов дисциплины с помощью учебно-методической литературы; подготовиться к занятиям лекционного и семинарского типа.

Каждое задание предполагает написание обучающимся программы в одной из сред программирования Maple, P5, Maxima и защита ее. При необходимости провести исследование полученной модели путем изменения параметров задачи. За выполнение задания обучающийся получает определенное количество баллов. Однотипные задания собраны в разделы.

Для получения зачета в семестре необходимо набрать 70 баллов, выполнив хотя бы по одному заданию из каждого раздела. Текст заданий приведен ниже.

Таблица 4. Содержание самостоятельной работы студентов

№ п/п	Вид самостоятельной работы	Разделы или темы рабочей программы	Форма отчетности
1	<i>Индивидуальное домашнее задание.</i> Написать программу, моделирующую мягкую модель Мальтуса. На рабочем окне программы изобразить графики траектории векторного поля, фазовой траектории. Исследовать модель с различными начальными условиями.	Модель Мальтуса.	Компьютерная модель. Алгоритм и текст программы.
2	Построить компьютерную модель динамики численности популяции в ограниченной среде, учитывающую постоянный некоторый фактор в качестве параметра. Построить бифуркационную диаграмму.	Динамика численности популяции в ограниченной среде (Ферхюльста-Перла).	Компьютерная модель. Алгоритм и текст программы.
3	<i>Реферат</i>	Модели взаимоотношения паразит-хозяин.	Текст реферата, выступление.
4	<i>Доклад</i>	Вероятностные модели популяций и проблема генераторов псевдослучайных чисел.	Текст доклада, презентация, выступление.

Самостоятельная работа взаимосвязана с аудиторной и контролируется преподавателем. На лекциях предлагаются для самостоятельного исследования некоторые задачи. На практических занятиях даются задания для самостоятельного исследования.

Каждому обучающемуся выдаются индивидуальные семестровые задания, для выполнения которых требуется самостоятельная работа.

4.1. Типы семестровых заданий:

Темы рефератов

1. Экологическое значение естествознания.
2. Основные проблемы экологии и роль среды для жизни.
3. Закономерности развития экологической системы.
4. Глобальная динамическая модель Форрестера.
5. Глобальная модель биосферы.
6. Проблема охраны водных ресурсов.
7. Модель динамики населения в двух возрастных группах.
8. Модель динамики населения в зависимости от возраста.
9. Классификация взаимодействий двух видов между собой.
10. Модель взаимоотношений типа хищник-жертва.
11. Модель типа хищник-жертва при наличии убежища для жертвы.
12. Модель конкуренции между видами.
13. Виды, оспаривающие одну пищу.
14. Виды, пожирающие друг друга.
15. Динамика системы ресурс-потребитель.
16. Случаи истребления видов.
17. Теплокровные хищники.
18. Модель взаимоотношения паразит-хозяин.

19. Моделирование отлова.
20. Экстремальные свойства экологических систем.
21. Математическое моделирование динамики инфекционных заболеваний.
22. Модель вертикального распределения фитопланктона в океане.
23. Модель загрязнения воды органическими отходами.
24. Динамика популяций в сложной трофической среде.
25. Моделирование биологических популяций с учетом свойств отдельной особи.
26. Вероятностные модели популяций.
27. Математические модели в генетике.

4.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся.

Для самостоятельной подготовки рекомендуется использовать следующие материалы: Математические модели в экологии: тексто-графический электронный учебно-методический комплекс [Электронный ресурс]/ Е. С. Чернова; КемГУ. – Электрон. дан. – Кемерово: КемГУ, 2011. Режим доступа:

http://www.math.kemsu.ru/kmk/subsites/E.S.Chernova_MATHEMATICAL_MODELS_IN_EC OLOGY/umk/index_main.htm; Сайт для самоподготовки студентов. Дисциплина «Математические методы в экологии». Режим доступа: <http://math-eco.cs.karelia.ru/index.html>

5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)

Таблица 5.1. Основная литература

№ п/п	Наименование, библиографическое описание
1	Карпенков, С.Х. Экология: учебник для вузов : в 2 кн. / С.Х. Карпенков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2017. – Кн. 2. – 522 с. ЭБС Режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=454237
2	Кононова, З.А. Компьютерное моделирование: экология / З.А. Кононова, С.О. Алтухова, Г.А. Воробьев. – Липецк: ЛПГУ им. П.П. Семенова-Тян-Шанского, 2018. – Ч. 1, 2 – 101 с. ЭБС Режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576947
3	Экология: учебник / С.М. Романова, С.В. Степанова, А.Б. Ярошевский, И.Г. Шайхиев; Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань: КНИТУ, 2017. – 340 с. ЭБС Режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=500685
4	Гаврилова, Л.В. Математическое моделирование водных экосистем: учебное пособие / Л.В. Гаврилова, Л.А. Компаниец, В.Е. Распопов. – Красноярск: Сибирский федеральный университет (СФУ), 2016. – 202 с. ЭБС Режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=497152

Таблица 5.2. Дополнительная литература

№ п/п	Наименование, библиографическое описание
1	Ризниченко, Г.Ю. Математическое моделирование биологических процессов. Модели в биофизике и экологии: учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / Г.Ю. Ризниченко. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 181 с. ЭБС Режим доступа: https://urait.ru/bcode/420698
2	Валова (Копылова), В.Д. Экология: учебник / В.Д. Валова (Копылова). - М.: Дашков и Ко, 2012. - 360 с. ЭБС Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=115790

Таблица 5.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

№ п/п	Название (адрес) ресурса
1	Сайт для самоподготовки студентов. Дисциплина «Математические методы в экологии». Режим доступа: http://math-eco.cs.karelia.ru/index.html
2	Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с. Режим доступа: URL: http://www.ievbras.ru/ecostat/Kiril/Library/Book1/Content0/Content0.htm#Ref
3	Кафедра биофизики Биологического факультета МГУ при поддержке Благотворительного фонда В. Потанина http://mathbio.ru/program/

Таблица 5.4. Периодические издания

№ п/п	Наименование
1.	http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=132506 ЭБС Университетские библиотеки онлайн. Журнал «Экология и жизнь».
2.	https://ekovolga.com/contact-us Сетевое издание «Экология Регионов»
3.	nauka.relis.ru ежемесячный научно-популярный журнал «Наука и Жизнь».
4.	virlib.eunnet.net/mif (Математика, Информатика, Физика) Журнал «МИФ»
5.	www.ufn.ru Журнал «Успехи физических наук».

Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Базы данных ИНИОН РАН <http://inion.ru/resources/bazy-dannykh-inion-ran/>
ЭБС «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru

Ресурс содержит учебники, учебные пособия, монографии, периодические издания, справочники, словари, энциклопедии. В настоящее время включает более 130 тыс. наименований. Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

ЭБС АГУ на платформе аппаратно-программного комплекса ООО КДУ <http://advynet.bibliotech.ru>

Ресурс содержит электронные аналоги трудов преподавателей АГУ. Обеспечивает доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям. Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

ООО «Научная электронная библиотека» (НЭБ) www.elibrary.ru

Российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии и образования, в том числе электронные версии более 3900 российских научно-технических журналов, из которых более 2800 журналов в открытом доступе.

Международные базы данных научных изданий

Web of Science <https://apps.webofknowledge.com> Наукометрическая реферативная база данных журналов и конференций. Режим доступа: IP адреса университета

Scopus <https://www.scopus.com/search/> – это наукометрическая реферативная база данных, входящая в базу данных SciVerse компании Elsevier. SciVerse объединяет в себе материалы из коллекции рецензированной литературы SciVerse Scopus, собрания полнотекстовых статей SciVerse ScienceDirect. Режим доступа: IP адреса университета.

zbMATH <https://zbmath.org/> Реферативная база данных по чистой и прикладной математике.

Интернет-ресурсы открытого доступа (Open Access)

(Информационно-поисковые (справочные) системы)

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» <http://window.edu.ru/> Ресурс обеспечивает свободный доступ к интегральному каталогу

образовательных интернет-ресурсов, к электронной библиотеке учебно-методических материалов для общего и профессионального образования и к ресурсам системы федеральных образовательных порталов, объединяет в единое информационное пространство электронные ресурсы свободного доступа для всех уровней образования в России.

Университетская информационная система Россия uisrussia.msu.ru

6. Образовательные технологии

Таблица 6. Образовательные технологии

№ п/п	Наименование раздела	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
1	2	3	4
1.	Основы экологии. Математическое введение. Понятие устойчивости. Фазовый портрет системы на плоскости. Бифуркационная диаграмма.	Лекция 1. Семинар 1. Самостоятельная работа	Лекция с использованием видеоматериалов. Информационно – коммуникационная технология. Развернутая беседа с обсуждением вопросов. Консультирование и проверка домашних заданий посредством электронной почты.
2	Простейшие математические модели популяционной динамики. Демографическая модель роста Мальтуса (жесткая и мягкая).	Лекция 2. Семинар 2. Самостоятельная работа	Проблемная лекция (проблемы перехода от жесткой к мягкой модели и определения коэффициентов-параметров) Развернутая беседа с обсуждением вопросов. Консультирование и проверка домашних заданий посредством электронной почты.
3	Динамика популяции при внутрипопуляционном агрегировании.	Лекции 3 и 4. Семинар 3 и 4. Самостоятельная работа	Лекция с использованием видеоматериалов. Информационно – коммуникационная технология. Технология развития критического мышления. Технологии групповых дискуссий и развития критического мышления. Консультирование и проверка домашних заданий посредством электронной почты.
4	Динамика численности популяции в ограниченной среде (Ферхюльста-	Лекции 5 и 6.	Лекции с использованием видеоматериалов. Информационно

	Перла).	Семинар 5 и 6. Самостоятельная работа	– коммуникационная технология. Проектная технология. Анализ ситуаций и имитационных моделей. Компьютерные симуляции в P5, Maxima Консультирование и проверка выполненных заданий посредством выступлений.
5	Модель «хищник-жертва». Модель Лоттки-Вольтерра.	Лекции 7-10. Семинар 7-10. Самостоятельная работа	Лекции с использованием видеоматериалов. Информационно – коммуникационная технология. Технологии разноуровневого обучения. Анализ ситуаций и имитационных моделей. Консультирование и проверка выполненных заданий посредством выступлений.
6	Модель эпидемии.	Лекции 11-13. Семинар 11 и 13. Самостоятельная работа	Проблемная лекция. Анализ ситуаций и имитационных моделей. Консультирование и проверка выполненных заданий посредством выступлений.
7	Модель Колмогорова «хищник-жертва».	Лекции 14-16. Семинар 14 и 17. Самостоятельная работа	Лекции с использованием видеоматериалов. Информационно – коммуникационная технология. Консультирование и проверка выполненных заданий посредством выступлений.

7. Методические рекомендации по дисциплине (модулю)

Методические рекомендации преподавателю

Изучив содержание учебной дисциплины, целесообразно разработать матрицу наиболее предпочтительных методов обучения и форм самостоятельной работы студентов, адекватных видам лекционных и семинарских занятий.

Необходимо предусмотреть развитие форм самостоятельной работы, выводя студентов к завершению изучения учебной дисциплины на её высший уровень. По учебному плану предусмотрено проведение разного типа занятий.

При подготовке лекционного материала преподаватель обязан руководствоваться рабочей программой для данного направления подготовки. При чтении лекций преподаватель имеет право самостоятельно выбирать формы и методы изложения материала, которые будут способствовать качественному его усвоению. При этом преподаватель в установленном порядке может использовать технические средства обучения, имеющиеся на кафедре и в университете.

Вместе с тем, всякий лекционный курс является в определенной мере авторским, представляет собой творческую переработку материала и неизбежно отражает личную точку зрения лектора на предмет и методы его преподавания. В этой связи представляется целесообразным привести некоторые общие методические рекомендации по построению лекционного курса и формам его преподавания.

1. Проведение занятий с аудиторией студентов является публичным видом деятельности, определяющим ряд специфических требований к преподавателю:

- Преподаватель должен иметь опрятный внешний вид;
- Преподаватель обязан владеть культурой речи;
- Поведение преподавателя при любых ситуациях должно быть корректным и достойным.

2. Внимательно ознакомиться с методическими рекомендациями, приведенными в учебной литературе по изучаемому материалу.

3. Тема лекции должна быть ясно и четко сформулирована.

4. Перед началом подробного изложения материала целесообразно кратко обозначить, о чем пойдет речь в целом.

5. План (конспект) лекции должен быть заранее тщательно продуман (проработан) с тем, чтобы изложение материала было системным и строгим.

6. Изложение должно вестись ясным и четким языком, фразы и предложения не должны быть перегружены причастными, деепричастными и другими оборотами, затрудняющими восприятие смысла.

7. Определения и формулировки должны соответствовать современным представлениям о предмете и не должны противоречить представленным определениям в рекомендуемой учебной литературе.

8. Изложение материала должно сопровождаться обратной связью со слушателями. Особо важные места следует выделить или повторить. Некоторые вопросы сопровождать задиктовыванием материала.

9. Рисунки, выполненные от руки мелом или маркером на доске, должны быть ясными и хорошо видимыми с дальних рядов аудитории.

10. По возможности следует сопровождать изложение фундаментального материала примерами, имеющими прикладное значение.

11. Стараться избегать неоднозначной трактовки рассматриваемых величин: следить за тем, чтобы разные по смыслу величины обозначались по-разному.

12. При использовании технических средств обучения (видеопроекторов, средств мультимедиа и т.п.) давать возможность студентам делать необходимые записи и рисунки в конспектах или предусматривать возможность предоставления материала в электронном или другом виде.

13. Акцентировать внимание студентов на том, какие величины являются векторными, а какие – скалярными.

14. Изложение материала предпочтительнее вести в системе СИ.

15. В конце лекции кратко подвести итоги и выводы.

Одной из задач преподавателя, ведущего занятия по дисциплине «Математические модели в экологии», является выработка у студентов понимания важности и полезности знания дисциплины для профессионального образования с точки зрения прикладного

аспекта. Физика является средством решения прикладных задач и универсальной основой для технических разделов науки, а также содержит элементы общей культуры.

Методическая модель преподавания дисциплины «Математические модели в экологии» основана на применении активных методов обучения. Принципами организации учебного процесса являются:

- выбор методов преподавания в зависимости от различных факторов, влияющих на организацию учебного процесса;
- объединение нескольких методов в единый преподавательский модуль в целях повышения эффективности процесса обучения;
- активное участие слушателей в учебном процессе;
- проведение практических занятий, определяющих приобретение навыков решения проблемы;
- приведение примеров применения изучаемого теоретического материала к реальным практическим ситуациям.

По учебному плану предусмотрено проведение лекционных и лабораторных занятий. Лекции читаются с использованием наглядных пособий и электронных презентаций, с применением проблемного метода, стимулирующего познавательную активность. В начале каждого практического занятия преподаватель организует повторение изученного на лекции материала по контрольным вопросам к данному практическому занятию, вспоминает со студентами понятийный аппарат, основные технологии по теме практического занятия.

По уровню сложности предусматриваются самые различные вопросы, предполагающие воспроизведение и закрепление теоретического материала, проверку его осмысления, вопросы на обобщение, анализ и синтез и др. Обязательно предусматриваются контрольные вопросы на проверку усвоения определений ключевых понятий, знание основных теоретических и практических вопросов.

Вопросы и задания для контроля должны позволить студентам самостоятельно определить уровень усвоения учебного материала по теме, представленного в лекции, на практическом занятии и указанной учебной литературе.

Вопросы для самоконтроля могут быть заменены многоуровневыми заданиями.

Цель оценочных средств - определить уровень усвоения материала:

1 уровень – репродуктивный, предполагающий лишь воспроизведение материала и выполнение заданий по образцу;

2 уровень – репродуктивно-практический, предполагающий осмысление знаний и их использования на практике;

3 уровень – творческий, дающий возможность использовать знания не только в стандартных ситуациях и известных видах деятельности, но и в новых, ранее незнакомых.

Методические указания обучающимся по дисциплине

Профессиональная подготовка в современных вузах строится по принципу «от теории к практике», что создает базу для формирования умений и навыков на основе усвоения теоретического материала. Именно поэтому следует особое внимание уделять качеству усвоения теоретического материала.

Материал каждой лекции должен быть проработан: должны быть выделены определения, понятия, законы, теоремы и их доказательства. Должна быть усвоена логическая связь элементов изученного материала. Полезно делать опорный конспект каждой лекции.

При параллельной работе с учебной литературой необходимо конспектировать прорабатываемый материал с обязательным указанием источника информации (автор, название учебника, номер страницы). Все непонятные моменты следует обязательно разобрать с преподавателем на занятии или в рамках КСР.

После выполнения практических заданий, обучающийся должен знать структуру соответствующего программного обеспечения, его основные функции, правила использования его по назначению.

Технология выполнения заданий единообразна и включает в себя следующие этапы:

- теоретическое усвоение материала в объеме данных методических указаний и соответствующих разделов курса лекций;
- практическая работа (выполнение заданий работ);
- получение задания на самостоятельную работу, осмысление его и проведение необходимых подготовительных работ;
- выполнение задания с использованием вычислительной системы;
- оформление отчета;
- защиту выполненной работы.

Каждое практическое задание рассчитано на два или три аудиторных часа.

В начале занятия в устной форме проводится контроль на допуск обучающихся к выполнению задания. После выполнения задания обучающиеся предъявляют преподавателю результаты работы, представленные в виде рисунков, схем, программ, таблиц и графиков, иных записей. Преподаватель оценивает выполнение работы по шкале от 0 до 5 баллов. Защита состоит в индивидуальном собеседовании по теоретической и практической части. Если обучающийся выполнил и защитил все задания в полном объеме, то максимальное количество баллов, которое он может получить, составляет 30 баллов.

Под самостоятельной работой студентов понимают учебную деятельность студентов, которая организована преподавателями, но осуществляется студентом без непосредственного участия преподавателя в учебной деятельности студента. Все виды самостоятельной работы студентов по дисциплине представлены в фонде оценочных средств. Четкая организация самостоятельной работы студентов делает ее эффективной. Это обеспечивается предоставлением студентам: учебных и учебно-методических пособий; тематических планов лекций, практических занятий, образцов контрольных работ, тестов, кейсов и др.; перечня знаний и умений, которыми они должны овладеть при изучении дисциплины; информации о процедуре сдачи зачета и экзамена и др. Ответы представляются в письменной форме (печатной, непосредственно преподавателю, или электронной).

Самостоятельная работа студента является основным средством овладения учебным материалом во время, свободное от обязательных учебных занятий. Она включает в себя выполнение различного рода заданий, которые ориентированы на более глубокое усвоение материала изучаемой дисциплины. По каждой теме учебной дисциплины студентам предлагается перечень заданий для самостоятельной работы.

К выполнению заданий для самостоятельной работы предъявляются следующие требования: задания должны исполняться самостоятельно и представляться в установленный срок, а также соответствовать установленным требованиям по оформлению. Студентам следует: руководствоваться графиком самостоятельной работы, выполнять все плановые задания, выдаваемые преподавателем для самостоятельного выполнения, и разбирать на семинарах и консультациях неясные вопросы; при подготовке к экзамену параллельно прорабатывать соответствующие теоретические и практические разделы дисциплины, фиксируя неясные моменты для их обсуждения на консультации с преподавателем.

Самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом образовательного процесса, так как она обеспечивает закрепление получаемых на лекционных занятиях знаний путем приобретения навыков осмысления и расширения их содержания, навыков решения актуальных проблем формирования общекультурных и

профессиональных компетенций, научно-исследовательской деятельности, подготовки к семинарам, лабораторным работам, сдаче зачетов и экзаменов.

Подготовка к промежуточной аттестации ведется на основе полученного лекционного материала и рекомендованной литературы, осмысления работы на практических занятиях и самостоятельной работы.

8. Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- для слепых и слабовидящих:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
 - письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
 - обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
 - для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
 - письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
 - экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.
- для глухих и слабослышащих:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, либо предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
 - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
 - экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.
- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
 - письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
 - экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены университетом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- для слепых и слабовидящих:
 - в печатной форме увеличенным шрифтом;
 - в форме электронного документа;
 - в форме аудиофайла.
- для глухих и слабослышащих:
 - в печатной форме;

- в форме электронного документа.
- для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
- в печатной форме;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

Учебные аудитории для всех видов контактной и самостоятельной работы, научная библиотека и иные помещения для обучения оснащены специальным оборудованием и учебными местами с техническими средствами обучения.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Лекционные занятия проводятся в аудиториях, предоставляемых деканатом факультета в соответствии с расписанием. Лекции сопровождаются презентациями, представляемыми через медиапроектор и интерактивную доску или телевизор с выходом в сеть Интернет.

Отдельные занятия проводятся в специализированных лабораториях - лабораториях кафедры теоретической физики для демонстрации экспериментов.

Специализированные лаборатории - лаборатории кафедры теоретической физики (для демонстрации необходимого оборудования):

- ✓ лаборатория методики и техники физического эксперимента;
- ✓ лаборатория компьютерного моделирования.

На отдельных занятиях необходимы видеопроектор с экраном (или компьютерный класс), оборудование лабораторий и компьютеры.

Для обработки данных используются электронные таблицы из пакетов MS Office (Excel) и OpenOffice (Calc). По желанию обучающегося также могут применяться для этих целей Matlab (Scilab), Maxima или Maple.

Комплект лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства.

Программное обеспечение ПК ауд. 323б, 329 и ноутбука для презентаций:

Лицензионное программное обеспечение

– операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian Upgrade Academic OPEN. Microsoft Open License No 48824880;

– офисный пакет программ Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN. Microsoft Open License No 45084044.

Свободно-распространяемое программное обеспечение:

- TeXworks - рабочая среда системы компьютерной верстки физико-математических текстов;
- Free Pascal - универсальный компилятор Pascal с открытым исходным кодом;
- Python (x, y) - бесплатное программное обеспечение для научных и инженерных разработок, численных расчетов;
- OpenOffice Impress пакет офисных приложений.

10. Лист регистрации изменений

[illegible]