

Выписка из основной образовательной программы основного общего
образования МАОУ Вторая гимназия

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

курса внеурочной деятельности «Агробiotехнологии»

для обучающихся 5-7, 8-9 классов

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Биотехнология — одна из перспективных и стратегически важных областей науки. Она изучает возможности использования живых организмов и продуктов их жизнедеятельности для решения ключевых технологических задач. Уже сегодня с помощью достижений этой науки мы получаем более качественные продукты питания и разрабатываем современные препараты.

В сельском хозяйстве биотехнологии используются в целях повышения производительности и устойчивости сельского хозяйства и позволяют решать проблемы низких урожаев, повышения качества продукции, снижения затрат и вредного воздействия на окружающую среду.

Обучающиеся по программе курса «Агробиотехнологии» получают возможность взглянуть на достижения живой природы как на образцы искусных технических решений, использовать полученные знания как обширный материал для инженерного творчества, взглянуть на биохимию растений и животных с позиции исследователей будущего, применив свои познания для конструирования новых живых систем. Участники программы смогут освоить методики культивирования различных организмов, научатся контролировать параметры окружающей среды, получат знания о роли основных групп химических соединений и о их круговоротах, о мерах по обеспечению биологической безопасности, научатся использовать свойства живых организмов для решения технических задач, будут совершенствовать умение работать оборудованием биологической лаборатории, познакомятся с технологиями изготовления защиты окружающей среды, основанных на использовании живых организмов.

Программа способствует профессиональной ориентации обучающихся, что в последующем обеспечит осознанное вовлечение в развитие производства, науки и создание новых технологий.

Актуальность программы. В условиях исполнения задач по достижению технологического суверенитета одним из наиболее актуальных направлений является подготовка кадров в области биотехнологии, инженерных агробиосистем. Ориентированность программы на подготовку школьников к Национальной технологической олимпиаде (НТО) по профилю «Инженерные биологические системы» является одним из важнейших инструментов в области трансформации образования и профориентации школьников в эти перспективные для страны и региона направления. Кроме этого планируется работа над проектами в рамках конкурса «Большие вызовы»

Новизна данной образовательной программы в том, что главной особенностью программы является глубокая интеграция физико-химических знаний, что позволяет развивать инженерный подход в области биотехнологии, ситифермерства и фитотехнологий.

Годовой цикл программы включает систему модулей, способствующих планомерному развитию у обучающихся компетенций необходимых для участия во Всероссийской междисциплинарной олимпиаде школьников «Национальной технологической олимпиаде».

Цель: освоение необходимых предметных знаний и вовлечение их в работу над технологическими приоритетами Национальной технологической инициативы для личностной самореализации и профессионального самоопределения.

Задачи:

- сформировать познавательные интересы и мотивы, направленные на изучение естественных наук и приоритетных направлений Национальной технологической инициативы;
- познакомить с основными понятиями агробиотехнологии, методами повышения качества продуктов питания и выращивания органической продукции за счет перехода к высокотехнологичным методам выращивания растений с полным контролем всех

- веществ и потоков в системе (например, гидропонной, аэропонной или аквапонной) и применением систем автоматизации и микробиологического контроля;
- ознакомить с принципами химического анализа растениеводческой продукции, оценки качества продукции;
 - научить применять полученные теоретические знания в заданиях НТО;
 - сформировать коммуникативные умения, необходимые для участия в НТО и других соревнованиях.

Реализация программы рассчитана на 68 часов в год (2 часа в неделю).

Форма внеурочной деятельности: клуб.

Планируемые результаты.

Итогом прохождения данной программы для обучающихся 5-7 классов является повышение интереса к школьным предметам через деятельностный подход и погружение в решение реальных практических задач инженерно-биологической направленности, формирование навыков командной работы в рамках успешного прохождения различных этапов Национальной технологической олимпиады.

Личностными результатами освоения учащимися основной школы курса «Агробiotехнологии» являются:

- проявление познавательных интересов и активности в данной области предметной технологической деятельности;
- выражение желания учиться и трудиться в промышленном производстве для удовлетворения текущих и перспективных потребностей;
- развитие трудолюбия и ответственности за качество своей деятельности;
- овладение установками, нормами и правилами научной организации умственного и физического труда;
- самооценка умственных и физических способностей для труда в различных сферах с позиций будущей социализации и стратификации;
- становление самоопределения в выбранной сфере будущей профессиональной деятельности;
- планирование образовательной и профессиональной карьеры;
- осознание необходимости общественно полезного труда как условия безопасной и эффективной социализации;
- проявление технико-технологического и экономического мышления при организации своей деятельности;
- самооценка готовности к предпринимательской деятельности в сфере технического труда.

Метапредметными результатами освоения учениками основной школы курса «Агробiotехнологии» являются:

- алгоритмизированное планирование процесса познавательно-трудовой деятельности;
- определение адекватных имеющимся организационным и материально-техническим условиям способов решения учебной или трудовой задачи на основе заданных алгоритмов;
- комбинирование известных алгоритмов технического и технологического творчества в ситуациях, не предполагающих стандартного применения одного из них;
- проявление инновационного подхода к решению учебных и практических задач в процессе моделирования изделия или технологического процесса;
- поиск новых решений возникшей технической или организационной проблемы;
- самостоятельная организация и выполнение различных творческих работ по созданию технических изделий;
- виртуальное и натурное моделирование технических объектов и технологических процессов;
- приведение примеров, подбор аргументов, формулирование выводов по обоснованию

технико-технологического и организационного решения; отражение в устной или письменной форме результатов своей деятельности;

- выявление потребностей, проектирование и создание объектов, имеющих потребительную стоимость;
- выбор для решения познавательных и коммуникативных задач различных источников информации, включая энциклопедии, словари, интернет-ресурсы и другие базы данных;
- использование дополнительной информации при проектировании и создании объектов, имеющих личностную или общественно значимую потребительную стоимость;
- согласование и координация совместной познавательно-трудовой деятельности с другими ее участниками;
- объективное оценивание вклада своей познавательно-трудовой деятельности в решение общих задач коллектива;
- оценивание своей познавательно-трудовой деятельности с точки зрения нравственных, правовых норм, эстетических ценностей по принятым в обществе и коллективе требованиям и принципам;
- диагностика результатов познавательно-трудовой деятельности по принятым критериям и показателям;
- обоснование путей и средств устранения ошибок или разрешения противоречий в выполняемых технологических процессах;
- соблюдение норм и правил культуры труда в соответствии с технологической культурой производства;
- соблюдение норм и правил безопасности познавательно-трудовой деятельности и созидательного труда.

Предметные результаты:

- умение владеть системой биологических знаний, которая включает основополагающие биологические термины и понятия (жизнь, клетка, ткань, орган, организм, вид, популяция, биосинтез белка, наследственность, изменчивость, рост и развитие и др.);
- владение системой знаний об основных методах научного познания, используемых в биологических исследованиях живых объектов и экосистем (описание, измерение, проведение наблюдений); способами выявления и оценки антропогенных изменений в природе;
- умение устанавливать взаимосвязи между строением и функциями: клеток
- разных тканей; органами и системами органов у растений; этапами клеточного цикла и жизненных циклов организмов; генотипом и фенотипом;
- умение решать поисковые биологические задачи; выявлять причинно-следственные связи между исследуемыми биологическими объектами, процессами и явлениями; делать выводы и прогнозы на основании полученных результатов;
- умение выдвигать гипотезы, проверять их экспериментальными средствами, формулируя цель исследования; анализировать полученные результаты и делать выводы;
- умение оценивать этические аспекты современных исследований в области биотехнологии и генетических технологий (направленное изменение генома и создание трансгенных организмов);
- умение мотивировать свой выбор будущей профессиональной деятельности в области биологии, медицины, биотехнологии, сельского хозяйства; углублять познавательный интерес, направленный на осознанный выбор соответствующей профессии и продолжение биологического образования.

Материально-техническое обеспечение: лаборатория агrobiотехнологий в гимназии,

опытный пришкольный участок

Программное обеспечение программы

1. <https://talents.surgu.ru/>
2. <http://zoometod.ru>
3. <http://www.evolbiol.ru/>
4. ashipunov.info/shipu-nov/school/sch-ru.htm
5. <https://stepik.org/course/70/promo#toc>
6. <https://stepik.org/course/94/promo#toc>
7. [Курс «Молекулярная биология и генетика»](#)
8. [Курс «Биотехнологии: генная инженерия»](#)
9. [Курс «ГМО: технологии создания и применение»](#)
10. [Подкаст UGENE \(серия обучающих англоязычных видеоматериалов\)](#)
11. <https://ru.coursera.org/learn/gmo> http://ugene.net/ru/podcast_archive.html

Содержание программы.

Урок НТО. Знакомство с Национальной технологической олимпиадой (НТО Юниоры, Агротех)

Национальная технологическая олимпиада: концепция, календарь, направления и соревновательные треки. «Агротех»: концепция трека. Профессия ситифермер: основные навыки. Современное фермерство. Агrobiологические системы: сити-фермы (гидропоника, аэропоника, аквапоника и др.). Управление и автоматизация в инженерно-биологических системах.

Биотехнология как наука

История возникновения науки, основные разделы, связь биотехнологии с другими науками (биологией, ботаникой, зоологией, микробиологией, биохимией, физиологией, генетикой, медициной) и отраслями промышленности (пищевая, легкая), сельского хозяйства (животноводство, растениеводство) и здравоохранением, известные вузы и НИИ, связанные с биотехнологией. Современные направления развития агrobiотехнологий. Методы биотехнологии в науке и практике.

Общие понятия биотехнологии. Понятие биотехнологии. Зачем человеку биотехнологии, в чем их преимущество перед химическим синтезом. Основные объекты биотехнологии: промышленные микроорганизмы, клетки и ткани растений, животных.

Особенности агrobiотехнологии

Биотехнологические подходы для надежного сохранения коллекций генетических ресурсов растений и животных. Понятия о полевых, *in vitro* и криоколлекциях. Рост и развитие живого объекта в замкнутой системе в контролируемых условиях: как это возможно.

Основные помещения для полноценной работы лаборатории биотехнологии (ламинарная комната, световая, автоклавная комнаты, помещение для приготовления питательных сред, моечная): их функционал и особенности.

Основные приборы для организации лаборатории биотехнологии, их функции и возможности (автоклав, сухожаровой шкаф, дистиллятор, рН-метр, весы, ламинар-бокс, стерилизатор инструментов, световая установка, климатическая камера, УФ-ионизатор, холодильники для хранения питательных сред и др.). Инструменты для применения методов биотехнологии растений (препаровальная игла, скальпель, пинцет, ножницы). Основы техники безопасности при работе с приборами. Основные приборы для организации лаборатории биотехнологии: автоклав, сухожаровой шкаф, дистиллятор, рН-метр, весы, ламинар-бокс, стерилизатор инструментов, световая установка, климатическая камера, УФ-ионизатор, холодильники для хранения питательных сред и др. Инструменты для применения методов биотехнологии растений: препаровальная игла, скальпель, пинцет, ножницы.

Исследовательская работа «Рост черенков растений в воде с разным уровнем рН».

Культура клеток и тканей

Методы культуры клеток и тканей в селекции. Каллусная культура. Культура клеток и агрегатов клеток. Культура протопластов. Получение соматических гибридов методом слияния изолированных протопластов.

Клеточная селекция. Использование гаплоидии в селекции.

Примеры применения культур клеток и тканей в научных исследованиях и в практике различных НИИ: знакомство с литературой – научными публикациями по разным объектам (микробы, растения, животные).

Характеристика клеток, культивируемых *in vitro*. Морфогенетические пути развития клетки *in vitro*.

Известные коллекции биотехнологических объектов – их роль, задачи, состав, примеры (*in vitro* коллекции растений, коллекции штаммов микроорганизмов. Семинар по прочитанной литературе, доклады обучающихся).

Биотехнология производства культуры клеток, тканей и органов растений.

Питательные среды для агробиотехнологий

Макро- и микроэлементы, источники углеводов, витамины, желирующие агенты. Типы питательных сред – жидкие и твердые.

Питательные среды для биотехнологии растений. Разработка новых питательных сред, в том числе включающих биостимуляторы и другие регуляторы роста. Методы оптимизации питательных сред. Основные компоненты питательных сред (макроэлементы, микроэлементы, источники углерода, витамины, желирующие агенты, регуляторы роста).

Уровень pH питательной среды и его влияние на развитие растений. Весы, pH-метр.

Практическая работа «Приготовление питательных сред для введения в культуру *in vitro*».

Регуляторы роста как факторы успеха биотехнологии растений

Рост и развитие растений. Основные этапы онтогенеза. Общие закономерности роста растений.

Основные классы фитогормонов (ауксины, цитокинины, гиббереллины, АБК, этилен и др.) и их функции на разных этапах развития растения.

Известные генетические механизмы, контролирующие рост и развитие растений.

Эндогенные и экзогенные регуляторы роста растений в пробирке.

Биотехнология растений

Возможности применения агробиотехнологий в селекции, семеноводстве и питомниководстве.

Болезни и иммунитет растений: от Н.И. Вавилова до современности.

Ускоренная и традиционная селекция: сокращаем сроки получения новых сортов.

Основные методы селекции. Гибридизация. Формы отбора. Основные направления селекции: улучшение урожайности, устойчивости к биотическим и абиотическим факторам.

Оздоровление растений от вирусов с помощью методов биотехнологии: методы культуры апикальных меристем, термотерапии, хемотерапии, криотерапии клубней картофеля и саженцев плодовых культур.

Культивирование растительного материала в культуре *in vitro*: основные принципы и модели культивирования. Каллусогенез, суспензионные культуры растений.

Микроразмножение растений. Экономический эффект от внедрения методов биотехнологии в растениеводство.

Криохранение растений. Криопротекторы. Посткриогенная регенерация.

Биологические средства защиты растений: преимущества и перспективы применения.

Термос и сосуд Дьюара с жидким азотом, криопробирки.

Лабораторные и практические работы

Практическая работа «Размножение плодовых растений черенкованием и микроразмножением – пример малины (или земляники, ежевики, смородины)».

Практическая работа «Введение растений в культуру *in vitro* и поддержание чистой культуры эксплантов».

Практическая работа «Размножение картофеля в пробирке».

Исследовательская работа «Как получают потомство вегетативно размножаемых культур если не семенами?»

Исследовательская работа «Как божья коровка урожай спасала – о современных способах биологической защиты растений».

Модуль «Современные биотехнологии в селекции»

Генетические ресурсы России

Стратегии сохранения генетических ресурсов. Сохранение растений *in situ* и *ex situ*.

Биоресурсные коллекции России. Коллекция генетических ресурсов растений ВИР. Гербарий БИН. Коллекция генетических ресурсов животных ВНИИГРЖ. Коллекции клеток и штаммов ВНИИСХМ. Демонстрация видеороликов¹.

Основы генетики и селекции

Наследственность и изменчивость – основные свойства живых организмов.

Изменчивость мутационная и модификационная.

Ген – материальный носитель наследственности и изменчивости. Нуклеиновые кислоты.

Локализация генетического материала в клетке. Деление клеток. Репликация ДНК.

Основная догма молекулярной биологии. Транскрипция. Трансляция. Мутации.

Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости Н.И. Вавилова в 1920 и 2020 гг. Демонстрация видеороликов¹.

Лабораторные и практические работы

Практическая работа «Модификационная изменчивость в природе» (собрать и сравнить листья, цветки с одного растения и/или с разных).

Инженерия в биологии растений

Клеточная и генная инженерия растений для развития селекции. Природно-трансгенные растения.

Растения-биофабрики.

Биотехнологические методы в селекции растений.

Генетическое редактирование культурных растений. Чем генетическое редактирование отличается от генетической модификации.

Поиск новых генов-мишеней: существующие методики. Проведение *in silico* анализа.

Генная инженерия зерновых культур. Генная инженерия хлопчатника. Генная инженерия томата. Генная инженерия сои. Генная инженерия плодовых культур. Генная инженерия картофеля. Демонстрация видеороликов.

Инженерия в биологии животных

Современные методы в животноводстве: трансплантация эмбрионов, химерные животные, клонирование.

Генная инженерия в животноводстве.

ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

№ п/п	Количество часов	Тема занятия
1	2	Урок НТО. Юниоры. Агротех. Регистрация. Знакомство с заданиями.
2	2	Профессия ситифермер: основные навыки. Агrobiологические системы: сити-фермы (гидропоника, аэропоника, аквапоника и др.).
3	2	Управление и автоматизация в инженерно-биологических системах. План гидропонной установки
4	2	Биотехнология как наука. История возникновения науки, основные разделы, связь биотехнологии с другими науками (биологией, ботаникой, зоологией, микробиологией, биохимией, физиологией, генетикой, медициной) и отраслями промышленности (пищевая, легкая), сельского хозяйства (животноводство, растениеводство) и здравоохранением, известные вузы и НИИ, связанные с биотехнологией.
5	2	Современные направления развития агробиотехнологий. Методы биотехнологии в науке и практике. Основные объекты биотехнологии: промышленные микроорганизмы, клетки и ткани растений, животных.
6.	2	Биотехнологические подходы для надежного сохранения коллекций генетических ресурсов растений и животных. Понятия о полевых, <i>in vitro</i> и криоколлекциях. Рост и развитие живого объекта в замкнутой системе в контролируемых условиях: как это возможно.
7	2	Основные помещения для полноценной работы лаборатории биотехнологии (ламинарная комната, световая, автоклавная комнаты, помещение для приготовления питательных сред, моечная): их функционал и особенности. Основные приборы для организации лаборатории биотехнологии, их функции и возможности Исследовательская работа «Рост черенков растений в воде с разным уровнем pH».
8	2	Методы культуры клеток и тканей в селекции. Каллусная культура. Культура клеток и агрегатов клеток. Культура протопластов. Получение соматических гибридов методом слияния изолированных протопластов.
9	2	Клеточная селекция. Использование гаплоидии в селекции. Примеры применения культур клеток и тканей в научных исследованиях и в практике различных НИИ: знакомство с литературой – научными публикациями по разным объектам (микробы, растения, животные).
10	2	Биотехнология производства культуры клеток, тканей и органов растений. Питательные среды для агробиотехнологий Макро- и микроэлементы, источники углеводов, витамины, желирующие агенты. Типы питательных сред – жидкие и твердые.
11	2	Питательные среды для биотехнологии растений. Разработка новых питательных сред, в том числе включающих биостимуляторы и

		другие регуляторы роста. Методы оптимизации питательных сред. Основные компоненты питательных сред (макроэлементы, микроэлементы, источники углерода, витамины, желирующие агенты, регуляторы роста). Уровень pH питательной среды и его влияние на развитие растений. Весы, pH-метр.
12	2	Практическая работа «Приготовление питательных сред для введения в культуру <i>in vitro</i> ».
13	2	Регуляторы роста как факторы успеха биотехнологии растений (4 ч) Рост и развитие растений. Основные этапы онтогенеза. Общие закономерности роста растений.
14	2	Основные классы фитогормонов (ауксины, цитокинины, гиббереллины, АБК, этилен и др.) и их функции на разных этапах развития растения. Известные генетические механизмы, контролирующие рост и развитие растений.
15	2	Биотехнология растений Возможности применения агробиотехнологий в селекции, семеноводстве и питомниководстве.
16	2	Болезни и иммунитет растений: от Н.И. Вавилова до современности.
		Ускоренная и традиционная селекция: сокращаем сроки получения новых сортов. Основные методы селекции. Гибридизация. Формы отбора.
17	2	Основные направления селекции: улучшение урожайности, устойчивости к биотическим и абиотическим факторам.
18	2	Оздоровление растений от вирусов с помощью методов биотехнологии: методы культуры апикальных меристем, термотерапии, хемотерапии, криотерапии клубней картофеля и саженцев плодовых культур.
19	2	Микроразмножение растений
20	2	Биологические средства защиты растений: преимущества и перспективы применения
21	2	Практическая работа «Размножение плодовых растений черенкованием».
22	2	Практическая работа «Размножение картофеля семенами и в пробирке».
23	2	Исследовательская работа «Как получают потомство вегетативно размножаемых культур если не семенами?»
24	2	Исследовательская работа «Как божья коровка урожай спасала – о современных способах биологической защиты растений».
25	2	Биоресурсные коллекции России. Коллекция генетических ресурсов растений ВИР. Гербарий БИН.
26-27	4	Основы генетики и селекции Наследственность и изменчивость – основные свойства живых организмов. Изменчивость мутационная и модификационная. Ген – материальный носитель наследственности и изменчивости. Нуклеиновые кислоты. Локализация генетического материала в клетке. Деление клеток. Репликация ДНК. Основная догма

		молекулярной биологии. Транскрипция. Трансляция. Мутации
28	2	Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости Н.И. Вавилова в 1920 и 2020 гг.
29	2	Практическая работа «Модификационная изменчивость в природе» (собрать и сравнить листья, цветки с одного растения и/или с разных).
30	2	Природно-трансгенные растения. Растения-биофабрики.
31	2	Инженерия в биологии растений Клеточная и генная инженерия растений для развития селекции.
32	2	Генная инженерия зерновых культур. Генная инженерия хлопчатника. Генная инженерия томата. Генная инженерия сои. Генная инженерия плодовых культур. Генная инженерия картофеля. Демонстрация видеороликов
33	2	Инженерия в биологии животных Современные методы в животноводстве: трансплантация эмбрионов, химерные животные, клонирование. Генная инженерия в животноводстве.
34	2	Итоговая конференция. Планирование работы на следующий учебный год

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УЧИТЕЛЯ

- ✓ Ботаника с основами фитоценологии: анатомия и морфология растений. Учеб. Для ВУЗов / Т.И. Серебрякова, Н.С. Воронин, А.Г. Еленевский и др. — М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. — 543 с.
- ✓ Жуйкова Т.В. Ботаника : анатомия и морфология растений. Практикум : учебное пособие для вузов / Т. В. Жуйкова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 181 с.
- ✓ Жохова Е. В. Ботаника : учебное пособие для вузов / Е. В. Жохова, Н. В. Складаревская. 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 206 с.
- ✓ Савина О. В. Ботаника: биохимия растений : учебное пособие для среднего профессионального образования / О. В. Савина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 227 с.
- ✓ Биотехнология растений : учебник и практикум для вузов / Л. В. Назаренко, Ю. И. Долгих, Н. В. Загоскина, Г. Н. Ралдугина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 161 с.
- ✓ Панфилова О. Ф. Физиология растений с основами микробиологии : учебник и практикум для среднего профессионального образования / О. Ф. Панфилова, Н. В. Пильщикова. 2-е изд., испр. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 183 с.
- ✓ Калашникова Е. А. Клеточная инженерия растений : учебник и практикум для вузов / Е. А. Калашникова. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 333 с.
- ✓ Нахаева В. И. Общая генетика. Практический курс : учебное пособие для вузов / В. И. Нахаева. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 276 с.
- ✓ Емцев В. Т. Общая микробиология : учебник для вузов / В. Т. Емцев, Е. Н. Мишустин. Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 248 с.
- ✓ Румянцев Д. Анатомия растений. Учебное пособие; Серия • Лесное хозяйство; ISBN • 978-5-507-46589-7; 108 с.
- ✓ Соколова Т.А., Бочкова И.Ю. Декоративное растениеводство. Цветоводство: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Садово-парковое и ландшафт. Строительство» направления подготовки дипломир. специалистов «Лесное хоз-во и ландшафт. стр-во». — 4-е изд., стер. — М.: Академия, 2010. — 432 с.
- ✓ Экология и охрана окружающей среды. 2-е издание. Учебник. Авторы: Коробкин В.И., Передельский Л.В.— М.: Кнорус, 2022. — 336 с.
- ✓ Экология: учебник / А.К. Бродский — М.: КНОРУС, 2023, — 272 с.
- ✓ Концепции современного естествознания : учебник для вузов / С. А. Лебедев [и др.] ; под общей редакцией С. А. Лебедева. — 4-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 374 с.

ЦИФРОВЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ И РЕСУРСЫ СЕТИ ИНТЕРНЕТ

- ✓ <https://stepik.org/course/94/info> – Биотехнология и генная инженерия (Степик).
- ✓ <https://stepik.org/course/136548/promo> – Химия для всех (Степик).
- ✓ <https://stepik.org/course/78909/promo> – Базовый курс по биологии (Степик).
- ✓ <https://www.chem.msu.su/rus/elibrary> – Электронная библиотека учебных материалов по химии.
- ✓ <http://www.hemi.nsu.ru>– Основы химии. Интернет-учебник.