

Учреждение образования
«Белорусский государственный университет культуры и искусств»
Институт повышения квалификации и переподготовки кадров



УТВЕРДЖАЮ

Проректор по научной работе БГУКИ
В.Р.Языкович

**УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«АКУСТИКА»**

специальности переподготовки: 1-17 01 73 «Звукорежиссура»
квалификация: звукорежиссер

в соответствии с типовым учебным планом переподготовки, утвержденным
28.03.2017 г., регистрационный № 25-13/19

Минск, 2019

Разработчик программы:

Д.А. Коршакевич, звукорежиссер высшей категории отдела звукорежиссеров главной дирекции производства радиопрограмм Белорусского радио Национальной государственной телерадиокомпания Республики Беларусь

РЕПОЗИТОРИЙ БГУКИ

Рекомендована к утверждению:

Советом Института повышения квалификации и переподготовки кадров учреждения образования «Белорусский государственный университет культуры и искусств»

Протокол заседания от 04.05.2019 № 5

ВВЕДЕНИЕ

Учебная программа по дисциплине «Акустика» составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта переподготовки руководящих работников и специалистов по специальности 1-17 01 73 «Звукорежиссура».

Программа предусматривает изучение вопросов создания, распространения и восприятия музыкальных звуковых сигналов.

Цель программы: приобретение слушателями необходимых теоретических и практических основ в области музыкальной, архитектурной, психо- и электроакустики.

Задачи программы:

изучение структуры звукового поля;

знакомство с понятием акустическая среда;

ознакомление с основными проблемами при записи и воспроизведении фонограмм и освоение пути их преодоления;

овладение различными способами микрофонной техники звукозаписи;

изучение основных характеристик акустических материалов;

освоение специфики акустического проектирования и строительства.

Методы обучения: словесные, наглядные, интерактивные и др.

Средства обучения: учебники и учебные пособия, проекционный материал (слайды, презентации).

Основные требования к результатам обучения в рамках программы.

Слушатели должны

знать:

основные понятия музыкальной, архитектурной, психо- и электроакустики;

пути преодоления проблем акустического оформления;

последовательность акустического расчета;

методы коррекции акустики;

уметь:

применять полученные знания в практической деятельности;

оценивать акустические свойства среды;

производить запись и воспроизведение фонограмм, исходя из акустической обстановки;

выбирать звуковое оборудование для каждой конкретной работы;

успешно бороться с проблемами акустики.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Название раздела, темы	Количество часов								
		Всего	Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Круглые столы, тематические дискуссии	Лабораторные занятия	Деловые игры	Тренинги	Конференции
1	Электроакустика. Волновая природа звука									
1.1	Акустика: определение, роль, основные задачи	6		2						4
1.2	Механические колебания. Простые гармонические колебания. Затухающие колебания	6		2						4
1.3	Звуковые волны	6		2						4
2	Восприятие звука. Основы психоакустики									
2.1	Структура слуховой системы и ее основные функции	6		2						4
2.2	Маскировка звука	8		4						4
2.3	Музыкальные шкалы	8		4						4
3	Обработка сигналов звукового вещания									
3.1	Задачи и методы обработки звуковых сигналов	6		2						4
3.2	Требования к микрофонам	6		2						4
4	Акустика зданий и сооружений									
4.1	Оборудование звуковых студий	10		6						4
4.2	Акустика концертно-театральных залов	8		4						4
5	Акустическое отношение и его роль в телевизионном вещании									
5.1	Принципы построения систем записи, передачи и воспроизведения звука	12		6						6
5.2	Основные принципы цифровой звукозаписи	10		4						6
Всего:		92		40						52

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Раздел 1

Электроакустика. Волновая природа звука

Тема 1.1. Акустика: определение, роль, основные задачи

Предмет «музыкальная акустика» и его роль в общей системе музыкальных знаний, а также в качестве научной основы для современной звукорежиссуры. Музыкальная акустика: определение, роль, основные задачи. Физическая природа звука. Классификация звуков: по способу создания, по информационному признаку, по физическим параметрам.

Тема 1.2. Механические колебания. Простые гармонические колебания. Затухающие колебания

Анализ физических свойств музыкальных звуков: гармонические колебания; простые и сложные колебательные системы; звуковые волны, физические законы, их распространение в пространстве; спектральный, статистический и корреляционный анализ звуковых сигналов (динамический и частотный диапазоны) и др. Механические колебания. Простые гармонические колебания. Затухающие колебания. Спектры. Резонанс.

Тема 1.3. Звуковые волны

Основные понятия акустики. Характеристика звуковой волны. Скорость звука. Звуковое давление. Звуковые поля. Звуковые частоты. Звуковые поля. Звуковые явления. Акустические сигналы. Динамический диапазон. Частотный диапазон.

Раздел 2

Восприятие звука. Основы психоакустики

Тема 2.1. Структура слуховой системы и ее основные функции

Особенности восприятия музыкальных звуков (основы психоакустики): структура слуховой системы, пороги слуха, восприятие громкости, восприятие высоты, критические полосы, эффекты маскировки, консонансы и диссонансы, бинауральная локализация, нелинейные свойства слуха, субъективные гармоника и комбинационные тоны.

Тема 2.2. Маскировка звука

Определение понятия маскировка звука. Акустическое зашумление.

Виды акустических помех. Акустические колебания. Основные требования к современным средствам виброакустической защиты. Нелинейные свойства слуха. Слуховая маскировка. Бинауральное маскирование. Пространственная локализация. Высота звука.

Тема 2.3. Музыкальные шкалы

Музыкальные шкалы и интервалы. Принципы построения музыкальных шкал (шкала Пифагора, чистая шкала, равномерно темперированная шкала). Важнейшие характеристики звука: громкость, высота тона, тембр. Взаимосвязь субъективных характеристик звука с объективными физическими величинами.

Раздел 3

Обработка сигналов звукового вещания

Тема 3.1. Задачи и методы обработки звуковых сигналов

Виды звуковых сигналов. Аналоговые и цифровые сигналы. Цели обработки сигналов. Извлечение информации о сигнале (амплитуда, фаза, частота, спектральные составляющие, временные соотношения). Преобразование формата сигнала. Сжатие данных. Формирование сигналов обратной связи. Выделение сигнала из шума (фильтрация, автокорреляция, свертка). Выделение и сохранение сигнала в цифровом виде для последующей обработки (БПФ). Методы и технологии обработки сигналов. Сравнение аналоговой и цифровой обработки сигналов.

Тема 3.2. Требования к микрофонам

Классификация и основные параметры микрофонов. Номинальный диапазон частот. Предельное звуковое давление. Псофометрическое напряжение. Эквивалентная громкость. Принципы приема. Микрофоны давления. Интерференционные микрофоны. Передача звука и усилительное оборудование. Способы подключения микрофонов.

Раздел 4

Акустика зданий и сооружений

Тема 4.1. Оборудование звуковых студий

Представление о физической природе звука. Особенности распространения звука в помещении. Акустические показатели помещения. Состав и оборудование звуковых студий. Форма студий. Назначение и классификация студий. Акустика студий и контрольных комнат. Недостатки

акустики студий.

Тема 4.2. Акустика концертно-театральных залов

Физические процессы формирования звукового поля в различных помещениях. Методы расчета. Связь между объективными параметрами звукового поля и субъективными критериями оценки акустики помещений. Акустические характеристики концертных и театральных залов, студий и контрольных комнат; залов многоцелевого назначения с системами озвучивания и звукоусиления. Современные методы компьютерного моделирования акустики помещений (методы аурализации).

Раздел 5

Акустическое отношение и его роль в телевизионном вещании

Тема 5.1. Принципы построения систем записи, передачи и воспроизведения звука

Принципы построения систем записи, передачи и воспроизведения звука. Аналоговое и цифровое представление звуковых сигналов. Структура и оборудование современных студий звукозаписи. Системы пространственной звукопередачи и звуковоспроизведения. Явление эквивалентной реверберации и использование его при передаче звучания солирующего инструмента или голоса. Влияние декораций на величину звукопоглощения, акустические системы обратной связи, шумы, звукоизоляция студий.

Тема 5.2. Основные принципы цифровой звукозаписи

История звукозаписи. Технология цифровой звукозаписи. Основные принципы цифровой звукозаписи. Этапы процесса цифровой звукозаписи. Технические особенности преобразования звука в цифровой. Мастеринг.

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ

Раздел 1

Электроакустика. Волновая природа звука

Тема 1.1. Акустика: определение, роль, основные задачи

Вопросы

1. Физическая природа звука.

Список рекомендованной литературы

1. Алдошина, И. А. Музыкальная акустика / И. Алдошина, Р. Приттс. – СПб. : Композитор, Санкт-Петербург, 2006. – С. 11–16.
2. Большая советская энциклопедия. – М. : Советская энциклопедия. 1969–1978.
3. Меерзон, Б. Я. Акустические основы звукорежиссуры : Часть 1 : Курс лекций на 1 и 2 курсах звукорежиссерского факультета – М. : Гуманитарный институт телевидения и радиовещания им. М. А. Литовчина, 2000. – С. 5–8.

Тема 1.2. Механические колебания. Простые гармонические колебания. Затухающие колебания

Вопросы

1. Механические колебания. Роль механических колебаний в создании, распространении и восприятии звука.
2. Простые гармонические колебания. Затухающие колебания. Спектры. Резонанс.

Список рекомендованной литературы

1. Алдошина, И. А. Музыкальная акустика. / И. Алдошина, Р. Приттс. – СПб. : Композитор, Санкт-Петербург, 2006. – С. 39–56.
2. Жилко, В. В. Физика : учеб. пособие для 11-го кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / В. В. Жилко, Л. Г. Маркович. – 2-е изд., пересмотр. и доп. — Минск : Народная асвета, 2014. – С. 5–35.
3. Пановко, Я. Г. Введение в теорию механических колебаний : учеб. пособие / Я. Г. Пановко . – М. : Наука, 1971.
4. Терёхин, В. А. Ощущения и восприятие : учебник / В. А. Терёхин. – Ростов-на-Дону, 2008. – С. 72–78.

Тема 1.3. Звуковые волны

Вопросы

1. Звуковые волны. Скорость звука. Звуковое давление.
2. Звуковые поля. Звуковые явления.

Список рекомендованной литературы

1. Алдошина, И. А. Музыкальная акустика. / И. Алдошина, Р. Приттс. – СПб. : Композитор, Санкт-Петербург, 2006. – С. 57–76.
2. Жилко, В. В. Физика : учеб. пособие для 11-го кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / В. В. Жилко, Л. Г. Маркович. – 2-е изд., пересмотр. и доп. — Минск : Народная асвета, 2014. – С. 35–41.
3. Меерзон, Б. Я. Акустические основы звукорежиссуры : Часть 1 : Курс лекций на 1 и 2 курсах звукорежиссерского факультета – М. : Гуманитарный институт телевидения и радиовещания им. М. А. Литовчина, 2000. – С. 22–27.

Раздел 2

Восприятие звука. Основы психоакустики

Тема 2.1. Структура слуховой системы и ее основные функции

Вопросы

1. Особенности восприятия музыкальных звуков (основы психоакустики) : пороги слуха, восприятие громкости, восприятие высоты, эффекты маскировки, бинауральная локализация.

Список рекомендованной литературы

2. Алдошина, И. А. Музыкальная акустика. / И. Алдошина, Р. Приттс. – СПб. : Композитор, Санкт-Петербург, 2006. – С. 57–76.
3. Алдошина, И. Часть 2. Нелинейные свойства звука / И. Алдошина / Основы психоакустики (подборка статей с сайта <http://www625-net.ru>)
4. Алдошина, И. Часть 4. Бинауральный слух и пространственная локализация / И. Алдошина / Основы психоакустики (подборка статей с сайта <http://www625-net.ru>)
5. Алдошина, И. Часть 6. Слуховая маскировка / И. Алдошина / Основы психоакустики (подборка статей с сайта <http://www625-net.ru>)
6. Алдошина, И. Части 8-9. Слуховые пороги / И. Алдошина / Основы психоакустики (подборка статей с сайта <http://www625-net.ru>)
7. Алдошина, И. Часть 15. Слуховое восприятие пространственных систем / И. Алдошина / Основы психоакустики (подборка статей с сайта <http://www625-net.ru>)

<http://www625-net.ru>)

8. Меерзон, Б. Я. Акустические основы звукорежиссуры : Часть 1 : Курс лекций на 1 и 2 курсах звукорежиссерского факультета : Учебное пособие. – М. : Гуманитарный институт телевидения и радиовещания им. М. А. Литовчина, 2001. – С. 17–22.

Тема 2.2. Маскировка звука

Вопросы

1. Слуховая маскировка.
2. Бинауральное маскирование.

Список рекомендованной литературы

1. Алдошина, И. А. Музыкальная акустика. / И. Алдошина, Р. Приттс. – СПб. : Композитор, Санкт-Петербург, 2006. – С. 131–153.
2. Акустика : Справочник / Под общ. ред. А. Сапожкова. – М. : Радио и Связь, 1989. – С. 34–35.
3. Алдошина, И. Часть 7. Слуховая маскировка. Бинауральное маскирование / И. Алдошина / Основы психоакустики (подборка статей с сайта <http://www625-net.ru>)

Тема 2.3. Музыкальные шкалы.

Вопросы

1. Важнейшие характеристики звука: громкость.
2. Важнейшие характеристики звука: высота тона.
3. Важнейшие характеристики звука: тембр.

Список рекомендованной литературы

1. Алдошина, И. А. Музыкальная акустика. / И. Алдошина, Р. Приттс. – СПб. : Композитор, Санкт-Петербург, 2006. – С. 119–191.
2. Алдошина, И. Часть 11. Громкость / И. Алдошина / Основы психоакустики (подборка статей с сайта <http://www625-net.ru>)
3. Алдошина, И. Часть 12. Громкость сложных звуков / И. Алдошина / Основы психоакустики (подборка статей с сайта <http://www625-net.ru>)
4. Алдошина, И. Часть 14. Тембр / И. Алдошина / Основы психоакустики (подборка статей с сайта <http://www625-net.ru>)
5. Меерзон, Б. Я. Акустические основы звукорежиссуры : Часть 1 : Курс лекций на 1 и 2 курсах звукорежиссерского факультета – М. : Гуманитарный институт телевидения и радиовещания им. М. А. Литовчина, 2000. – С. 17–20.

Раздел 3

Обработка сигналов звукового вещания

Тема 3.1. Задачи и методы обработки звуковых сигналов

Вопросы

1. Виды звуковых сигналов.
2. Извлечение информации о сигнале (амплитуда, фаза, частота, спектральные составляющие, временные соотношения).

Список рекомендованной литературы

1. Алдошина, И. А. Музыкальная акустика. / И. Алдошина, Р. Приттс. – СПб. : Композитор, Санкт-Петербург, 2006. – С. 192–196.
2. Акустика : Справочник / Под общ. ред. А. Сапожкова. М. : Радио и Связь, 1989. – С. 35–60.
3. Меерзон, Б. Я. Акустические основы звукорежиссуры : Часть 2 : Курс лекций на 1 и 2 курсах звукорежиссерского факультета : учеб. пособие. – М. : Гуманитарный институт телевидения и радиовещания им. М. А. Литовчина, 2001. – С. 45–54.

Тема 3.2. Требования к микрофонам

Вопросы

1. Классификация и основные параметры микрофонов.

Список рекомендованной литературы

1. Алдошина, И. А. Музыкальная акустика. / И. Алдошина, Р. Приттс. – СПб. : Композитор, Санкт-Петербург, 2006. – С. 578–602.
2. Акустика : Справочник / Под общ. ред. А. Сапожкова. М. : Радио и Связь, 1989. – С. 61–109.
3. Меерзон, Б. Я. Акустические основы звукорежиссуры : Часть 2 : Курс лекций на 1 и 2 курсах звукорежиссерского факультета : учеб. пособие. – М. : Гуманитарный институт телевидения и радиовещания им. М. А. Литовчина, 2001. – С. 5–28.

Раздел 4

Акустика зданий и сооружений

Тема 4.1 Оборудование звуковых студий

Вопросы

1. Акустика студий и контрольных комнат.

Список рекомендованной литературы

1. Алдошина, И. А. Музыкальная акустика / И. Алдошина, Р. Приттс. – СПб. : Композитор, Санкт-Петербург, 2006. – С. 547–557.
2. Алдошина, И. Часть 13. Субъективные критерии оценки акустики помещений / И. Алдошина / Основы психоакустики (подборка статей с сайта <http://www625-net.ru>)
3. Акустика : Справочник / Под общ. ред. А. Сапожкова. М. : Радио и Связь, 1989. – С. 159–191.

Тема 4.2 Акустика концертно-театральных залов

Вопросы

1. Акустика лекционных залов (аудиторий) и театральных залов драматических театров.
2. Акустика залов оперных театров.
3. Акустика концертных залов.

Список рекомендованной литературы

1. Алдошина, И. А. Музыкальная акустика. / И. Алдошина, Р. Приттс. – СПб. : Композитор, Санкт-Петербург, 2006. – С. 508–526.
2. Козюренко, Ю. И. Основы театральной звукорежиссуры / Ю. И. Козюренко. – М. : Искусство, 1975. – С. 144-148.

Раздел 5.

Акустическое отношение и его роль в телевизионном вещании

Тема 5.1 Принципы построения систем записи, передачи и воспроизведения звука

Вопросы

1. Аналоговое и цифровое представление музыкальных и речевых сигналов.
2. Устройства записи и воспроизведения звука.

Список рекомендованной литературы

1. Алдошина, И. А. Музыкальная акустика. / И. Алдошина, Р. Приттс. – СПб. : Композитор, Санкт-Петербург, 2006. – С. 571–647.
2. Акустика : Справочник / под общ. ред. А. Сапожкова. М. : Радио и Связь, 1989. – С. 220–269.
3. Меерзон, Б. Я. Акустические основы звукорежиссуры : Часть 3 : Курс

лекций на 1 и 2 курсах звукорежиссерского факультета : учеб. пособие. – М. : Гуманитарный институт телевидения и радиовещания им. М. А. Литовчина, 2002. – С. 5–39.

Тема 5.2 Основные принципы цифровой звукозаписи

1. История звукозаписи.

Список рекомендованной литературы

1. Алдошина, И. Музыкальная акустика / И. Алдошина, Р. Притс. – СПб. : Композитор, Санкт-Петербург, 2006. – С. 563–570.

Форма текущей аттестации – экзамен.

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕЙ АТТЕСТАЦИИ СЛУШАТЕЛЕЙ

Вопросы к экзамену

1. Что такое механические колебания? Указать их роль в создании, распространении и восприятии звука.
2. Дать определение простого гармонического колебания, привести формулу и объяснить значение основных параметров: амплитуды, частоты, фазы.
3. Что такое собственная частота, от каких параметров она зависит? Привести примеры для струны и маятника.
4. Нарисовать форму затухающих колебаний. Дать определение таких параметров как: коэффициент внутреннего трения, коэффициент затухания, декремент, добротность.
5. Что такое спектр, основная частота, обертоны, гармоники, моды колебаний?
6. В чем заключается явление резонанса? От каких параметров зависит амплитуда колебаний на резонансе? Привести форму резонансной кривой при разных значениях добротности.
7. Дать определение звуковой волны, длины волны, скорости звука. Привести зависимость частоты от скорости звука и длины волны.
8. Описать такие звуковые явления как: распространение, отражение, поглощение, рефракция, интерференция, стоячая волна, дифракция, эффект Доплера.
9. Привести определение понятия «тембр».
10. Описать связь восприятия тембра со спектральной и временной структурой сигнала.
11. Дать описание процесса распространения звуковых волн в помещении и общей структуры реверберационного процесса.
12. Какие виды волн возникают в помещении и как рассчитываются собственные частоты для прямоугольного помещения в соответствии с волновой теорией?
13. Описать связь между параметрами реверберационного процесса и субъективными оценками качества звучания в нем (жизненность, полнота, ясность, интимность, пространственность, теплота и др.).
14. Что такое бинауральная стереофония?
15. Как происходит процесс установления и спада звукового поля в помещении?
16. Определить основные требования к акустическим параметрам аудиторий и залов драматических театров.
17. В чем состоят отличия требований к акустическим параметрам оперных театров от требований к речевым аудиториям?
18. Определить основные требования к акустическим параметрам концертных залов.
19. Привести классификацию современных студий звукозаписи

и требования к их акустическим параметрам.

20. Определить требования к акустическим параметрам контрольных комнат, тенденции их развития, особенности построения для современных пространственных систем звукопередачи.

21. Аппаратное обеспечение студии звукозаписи. Разновидности студий звукозаписи по назначению.

22. Что называется трактом формирования звуковых программ, звукопередачи и звуковоспроизведения?

23. Сформулировать основные требования к контрольным агрегатам.

24. Описать основные элементы конструкции контрольных агрегатов и их назначение (излучатели, корпуса, фильтры и др.)

25. Привести методы измерений и требования к электроакустическим параметрам контрольных агрегатов.

26. Описать общую структуру студии звукозаписи.

27. Привести методы измерений и требования к электроакустическим параметрам микрофонов.

28. Разновидности микрофонов. Дать классификацию микрофонов по видам преобразования и характеристикам направленности.

29. Описать современные стереосистемы микрофонов.

30. Привести историю развития пространственных звуковых систем.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Алдошина, И. А. Музыкальная акустика / И. Алдошина, Р. Приттс. – СПб. : Композитор, Санкт-Петербург, 2006. – 720 с.
2. Алдошина, И. Основы психоакустики (подборка статей с сайта <http://www625-net.ru>)
3. Акустика : Справочник / Под общ. ред. А. Сапожкова. – М. : Радио и Связь, 1989. – 336 с.
4. Большая советская энциклопедия. — М. : Советская энциклопедия. 1969-1978.
5. Жилко, В. В. Физика : учеб. пособие для 11-го кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / В. В. Жилко, Л. Г. Маркович. — 2-е изд., пересмотр. и доп. — Минск : Народная асвета, 2014. — 287 с.
6. Козюренко, Ю. И. Основы театральной звукорежиссуры / Ю. И. Козюренко. – М. : Искусство, 1975.
7. Меерзон, Б. Я. Акустические основы звукорежиссуры : Часть 1 : Курс лекций на 1 и 2 курсах звукорежиссерского факультета – М. : Гуманитарный институт телевидения и радиовещания им. М. А. Литовчина, 2000. – 48 с.
8. Меерзон, Б. Я. Акустические основы звукорежиссуры : Часть 2 : Курс лекций на 1 и 2 курсах звукорежиссерского факультета : Учебное пособие. –М. : Гуманитарный институт телевидения и радиовещания им. М. А. Литовчина, 2001. – 72 с.
9. Павловская, В. И., Качерович А. К., Лукьянов А. П. Акустика и электроакустические аппараты. – М. : Искусство, 1986.
10. Радиовещание и электроакустика. Учебник / Под. ред. Ю. А. Ковалгина. – М. : Радио и связь, 1998.
11. Стародубовская, Г. Н. Уроки звукорежиссуры : учеб. пособие / Г. Н. Стародубовская. – М., 1982. – 130 с.
12. Терёхин, В. А. Ощущения и восприятие : учебник / В. А. Терёхин. – Ростов-на-Дону, 2008. – С. 72–78.

Дополнительная

1. Дворко, Н. И. Основы звукорежиссуры : творческий практикум / Н. И. Дворко, В. Г. Динов, С. Г. Шугаль, Ю. А. Кубицкий. – СПб. : СПбГУП, 2005. – 164 с.
2. Динов, В. Г. Звуковая картина. Записки о звукорежиссуре : учебное пособие / В. Г. Динов. – Изд. 3-е, стер. – СПб. [и др.] : Лань : Планета музыки, 2012.
3. Динов, В. Г. Палитра звукорежиссера. – СПб. : Геликон Плюс, 2006.
4. Севашко, А. В. Звукорежиссура и запись фонограмм / А. В. Севашко. – М. : Алтекс, 2004.

5. Современная звукорежиссура : творчество, техника, образования : коллективная монография / науч. ред. : С. А. Осколков, А. В. Денисов, Е. А. Полехина. – СПб. : СПбГУП, 2013.

6. Физика. Большой энциклопедический словарь. – М. : Научное издательство «БРЭ», 1999.

РЕПОЗИТОРИЙ БГУКИ