

К.Т.Ермаганбетов, Л.В.Чиркова

Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕЖПРЕДМЕТНЫХ СВЯЗЕЙ КУРСА ФИЗИКИ С РАДИОЭЛЕКТРОНИКОЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ

*Мақалада физика оқытушыларын дайындағанда физика мен радиоэлектроника арасындағы пәнаралық байланысты жүзеге асыру әдістері қарастырылған. Бұндай байланыстың пән мазмұндарының ғылыми жағынан қабысуларының нәтижесі екендігіне назар аударылған. Пәнаралық байланыс түрлеріне және олардың өзара әсерлеріне жан-жақты талдау жасалған. Жоғары оқу орындарында радиоэлектроника пәнін физика құбылыстары негізінде игеру өте жеңіл және нәтижелі болатындығы дәлелденген. Оқыту барысында қолдануға болатын пәнаралық байланыс мысалдары келтірілген.*

*Some methodical questions of an establishment of intersubject communications between rates of physics and radio electronics are considered by preparation of teachers of physics. Some methodical questions of an establishment of intersubject communications between rates of physics and radio electronics are considered by preparation of teachers of physics. It is underlined, that intersubject communications should be considered as reflection in educational process of intersubject communications. Forms of intersubject communications are analysed: on structure, in a direction of action, on a way of interaction of directing elements. It is shown, that that efficiency of studying of radio electronics in high school raises at observance of a principle of continuity between physics and radio electronics. Examples of an establishment of intersubject communications which can be used in educational process are resulted.*

Современный этап развития науки характеризуется взаимопроникновением наук друг в друга, и особенно проникновением физики в другие отрасли знания.

Связь между учебными дисциплинами в вузе (так же, впрочем, как и в учебном заведении другого уровня) является прежде всего отражением объективно существующей связи между отдельными науками и связи наук с практической деятельностью человека.

Межпредметные связи следует рассматривать как отражение в учебном процессе межнаучных связей, составляющих одну из характерных черт современного научного познания.

Необходимость связи между учебными дисциплинами диктуется также дидактическими принципами обучения, связью обучения в вузе с производством, а также подготовкой студентов к будущей профессиональной деятельности.

С помощью многосторонних межпредметных связей не только на качественно новом уровне решаются задачи обучения в вузе, но и закладывается фундамент для комплексного видения, подхода и решения сложных проблем реальной действительности, с которыми придется столкнуться будущим специалистам в своей практической деятельности.

В настоящее время в связи с увеличением объема информации, подлежащего усвоению в процессе обучения, а также в связи с необходимостью подготовки студентов к постоянной и систематической работе по самообразованию, которая должна сопровождать их всю сознательную жизнь, изучение роли межпредметных связей в активизации познавательной деятельности учащихся и формировании их профессиональных компетенций приобретает важное значение.

В педагогической литературе существует достаточно большое количество определений категории «межпредметные связи», используются различные подходы к их оценке и различные классификации. Сегодня можно констатировать, что все существующие определения межпредметных связей, являясь верными по своей сути, тем не менее не могут считаться полными.

Однако задачей настоящей публикации не является анализ понятия межпредметных связей, поэтому мы ограничимся рассмотрением только элементов классификации межпредметных связей применительно к двум конкретным дисциплинам учебного плана подготовки преподавателей физики (специальность 050110 — «Физика») — радиоэлектроники и физики.

В соответствии с общепринятой классификацией [1, 2] выделяют следующие формы межпредметных связей: по составу; по направлению действия; по способу взаимодействия направляющих элементов. Межпредметные связи по составу показывают, что используется, трансформируется из других учебных дисциплин при изучении конкретной темы данной дисциплины. Аналогичные связи по направлению показывают, что является источником межпредметной информации для конкретной

учебной темы — одна или несколько учебных дисциплин, а также выступает ли данная тема в качестве источника информации для других тем, других дисциплин учебного плана специальности. И, наконец, межпредметные связи по способу взаимодействия направляющих элементов предполагают учет временного фактора (хронологические и хронометрические связи), а также показывают, как долго происходит взаимодействие учебных тем в процессе осуществления межпредметных связей.

Физика является одной из интегративных, обобщающих дисциплин учебного плана специальности 050110 — «Физика», изучение которой способствует формированию у студентов единой системы мировоззренческих понятий.

Учебная дисциплина «радиоэлектроника» относится к дисциплинам физико-технического профиля и имеет весьма важное значение при подготовке будущих преподавателей физики. Она считается базовой для многих профессиональных дисциплин специальности (например, теория передачи информации). Изучение радиоэлектроники предполагает наличие у студента базовых знаний по основным физико-математическим дисциплинам, и особенно по общему курсу физики.

Основные достижения электроники стали возможными лишь благодаря взаимообогащению физики и техники, когда результаты научных исследований находили свое отражение в качественно новых приборах и устройствах, а использование последних способствовало дальнейшему развитию научных исследований.

Это обуславливает значимость владения преподавателем физики основами радиоэлектроники. Преподаватель должен быть готовым удовлетворить любознательность учащихся в области современных достижений электроники, радиоэлектроники, включая микро- и наноэлектронику, оптоэлектронику, системы коммуникаций, компьютерную технику и др.

Повсеместное широкое внедрение достижений радиоэлектроники в науку, производство, бытовую технику вызывает значительный интерес школьников к электронной технике и требует серьезной подготовки преподавателя физики в этой области.

Как отмечается в [2–4], «...Интерес к электронике неизбежно приведет к необходимости более углубленного изучения физики. Наступает этап, когда доминирующая эмпиричность стихийных знаний придет в противоречие с желанием более глубокого знакомства с миром современной электроники, осуществить которое будет возможно только через физику». Поэтому преподаватель физики должен быть знаком и с физическими основами, и с техническими характеристиками современных электронных приборов и устройств. Ведь осмысление физических принципов действия электронных приборов и систем и основ наукоемких технологий может быть использовано как важный фактор формирования целостного отношения учащихся к физическому образованию в целом. Таким образом, очевидна тесная межпредметная связь курсов общей физики и радиоэлектроники при подготовке преподавателей физики.

Изучение радиоэлектроники будущими преподавателями физики имеет важное значение и в мотивации физического образования в целом.

Курс «Радиоэлектроника» изучается студентами специальности 050110 — «Физика» в 6 семестре, после основных разделов курса общей физики (механики, молекулярной физики и термодинамики, электричества и магнетизма, оптики, атомной физики). Для установления путей реализации межпредметных связей курса общей физики с курсом радиоэлектроники рассмотрим содержание этой дисциплины, которое приведено в таблице № 1.

Разделение учебного материала, приведенное в таблице, позволяет выделить в курсе радиоэлектроники вопросы, связанные с физикой в большей и меньшей степени, т.е. установить межпредметные связи по составу, а также хронологические межпредметные связи.

Как показывает проведенный анализ представленных учебных тем, наибольшее количество межпредметных связей по составу между рассматриваемыми дисциплинами имеется в 1, 2 и 3 разделах радиоэлектроники, меньшее — в остальных семи разделах.

В чем же, в общих чертах, состоят эти связи и какие из разделов общей физики требуют поэтому более глубокого рассмотрения?

Прежде всего, хотелось бы заметить, что при рассмотрении в курсе радиоэлектроники вопросов истории развития радиоэлектроники как науки, роли электронных компонентов, т.е. элементной базы, в её развитии, желательно опираться на знания об открытиях физики в области электроники, полученные студентами при изучении физики (табл. 2).

## Перечень тем и разделов учебной дисциплины «Радиоэлектроника» [5]

№	Наименование темы	Названия учебных тем
1	2	3
1	Введение	Задачи, решаемые радиоэлектронной техникой. Краткие сведения из истории развития радиоэлектроники и микроэлектроники. Развитие элементной базы радиоэлектронной аппаратуры и успехи современной микроэлектроники
2	Радиотехнические цепи и сигналы	Колебательные цепи. Свободные колебания в последовательном и параллельном контуре. Резонансные явления. Амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики, параметры и применение контуров. Связные контуры. Настройка контуров. Сигналы. Детерминированные и случайные сигналы. Спектральный состав сигналов. Перенос спектра сигнала из области низких частот в область высоких частот. Несущие колебания. Модуляция. Амплитудная, частотная и фазовая модуляция. Импульсная модуляция. Получение и применение модулированных сигналов. Спектры модулированных процессов. Детектирование модулированных колебаний
3	Физические основы полупроводниковых приборов	Свойства полупроводниковых материалов. Собственные и примесные полупроводники. Зонная теория полупроводников. Электронная и дырочная проводимость. Электронно-дырочный переход. Полупроводниковые диоды. Биполярные и униполярные транзисторы. Схемы включения, характеристики и дифференциальные параметры транзисторов. Многоэмиттерные транзисторы. Тиристоры. Специальные типы полупроводниковых приборов. Оптоэлектронные приборы. Применение и маркировка полупроводниковых приборов
4	Физические принципы построения интегральных микросхем (ИМС)	Явления и процессы, используемые в интегральной микроэлектронике. Физические принципы получения микроэлектронных структур. Полупроводниковые, гибридные и пленочные интегральные микросхемы. Большие интегральные микросхемы. ИМС высокой степени интеграции. Системы и ряды ИМС. Качество и надежность ИМС. Применение и маркировка ИМС
5	Аналоговая электроника	Усилители. Классификация, характеристики, параметры. Транзистор как усилительный элемент. Отрицательная обратная связь. Схемы усилителей на биполярных и полевых транзисторах. Стабилизация рабочей точки. Выходные каскады усилителей. Защита транзисторов от пробоя. Операционные усилители. Инвертирующий и неинвертирующий усилители. Дифференциальные усилители. Применение операционных усилителей
6	Нелинейные электронные устройства	Генераторы гармонических колебаний. Принципы построения LC-генераторов. Генераторы с самовозбуждением. Положительная обратная связь. Условия возбуждения и режимы возбуждения. RC-генераторы. Генераторы на операционных усилителях. Стабилизация частоты генераторов. Генераторы с внешним возбуждением. Применение генераторов
7	Импульсные устройства	Классификация и физическая природа импульсных сигналов. Параметры и характеристики импульсных сигналов. Информативность и структурные свойства сигналов. Информация, мера информации. Взаимосвязь сигнала и информации. Прикладная универсальность цифровых сигналов. Классификация импульсных устройств. Мультивибраторы, одновибраторы, блокинг-генераторы. Генераторы импульсов на операционных усилителях и с накопителями энергии. Генераторы линейно изменяющихся сигналов. Применение импульсных генераторов
8	Цифровая электроника	Линейные элементы импульсных устройств. Переходные процессы в линейных цепях. Ключевой режим импульсных устройств. Система счисления. Переход из одной системы счисления в другую. Логические функции и логические элементы цифровых устройств. Комбинационная логика. Импульсные генераторы на логических элементах. Компараторы, селекторы. Триггеры, счетчики, регистры. Преобразователи кодов. Арифметические логические устройства. АЦП и ЦАП. Полупроводниковые запоминающие устройства. Оперативно запоминающие устройства. Постоянные запоминающие устройства. Программируемые запоминающие устройства
9	Вторичные источники питания электронной радиоаппаратуры	Принципы построения. Выпрямители. Электрические фильтры. Характеристики и параметры выпрямительных устройств. Стабилизация напряжения. Импульсные источники электропитания. Интегральная микроэлектроника для управления импульсными источниками электропитания

1	2	3
10	Перспективы развития электроники и новые области использования	Радиопередающие и радиоприемные устройства. Цифровая система канала радиосвязи. Телевизионные системы передачи информации. Основы мобильной связи. Потенциальные возможности микроэлектроники. Функциональная микроэлектроника. Оптоэлектроника. Криоэлектроника. Значение достижений радиоэлектроники в истории человечества

Т а б л и ц а 2

## Открытия физики в области электроники (XIX–XX ст.) [6]

Содержание открытия	Дата	Авторы
Изобретение лампы накаливания	1873–1879 гг.	А.Н.Лодыгин (Россия), Т.А.Эдисон (США)
Изобретение телефона	1876 г.	А.Белл (США)
Открытие фотоэффекта	1887 г.	Г.Р.Герц (Германия)
Открытие законов фотоэффекта	1889 г.	А.Г.Столетов (Россия)
Открытие термоэлектронной эмиссии	1884 г.	Т.А.Эдисон (США)
Первый сеанс радиотелеграфной связи (на расстоянии 250 м)	1895 г.	А.С.Попов (Россия)
Первый сеанс радиотелеграфной связи через Атлантический океан	1901 г.	Г.Маркони (Италия)
Изобретение электровакуумного диода	1904 г.	Д.А.Флеминг (Англия)
Квантовомеханическое объяснение фотоэффекта	1905 г.	А.Эйнштейн (Швейцария)
Изобретение триода	1907 г.	Л.Форест (США)
Предложена идея использования электронно-лучевой трубки для приема изображения	1907 г.	Б.Л.Розинг (Россия)
Изобретение пентода	1930 г.	А.Хелл (США)
Изобретение ФЭУ	1930 г.	Л.А.Кубецкий (СССР)
Создание первой передающей телевизионной трубки	1931 г.	В.К.Заворыкин (СССР)
Создание теории и практическое применение полупроводников	30-е годы XX в.	Школа акад. А.Ф.Иоффе (СССР)
Открытие <i>p-n</i> -перехода в полупроводниках	1940 г.	В.Е.Лошкарев, А.Косогонова (СССР)
Изобретение транзистора	1948–1953 гг.	Д.Бардин, У.Браттейн, У.Шокли (США)
Сформулирована идея создания интегральных схем	1952 г.	Д.Даммер (Англия)
Создание квантового молекулярного генератора на молекулах аммиака	1954 г.	Н.Басов, А.М.Прохоров (СССР), Ч Таунс (США)
Нобелевская премия по физике за работы, приведшие к созданию квантовых генераторов	1964 г.	Н.Басов, А.М.Прохоров (СССР), Ч Таунс (США)
Создание полупроводниковых приборов с гетеропереходами	1972 г.	Школа акад. В.М.Тучкевича (СССР)
Нобелевская премия по физике за основополагающие работы в области информационных и коммуникативных технологий	2000 г.	Ж.И.Алферов (Россия), Г.Кремер, Дж. Килби (США)

Приведенные в таблице сведения ни в коей мере не претендуют на абсолютную полноту, но, на наш взгляд, они обязательно должны использоваться как в курсе общей физики, так и в курсе радиоэлектроники. При этом до понимания студентов следует донести, что стремительное развитие в XX столетии электроники в целом и радиоэлектроники в том числе состоялось именно благодаря достижениям физической науки.

Вопросы 3-го раздела и частично 4-го полностью относятся к области физики, однако рассмотрение их на более высоком научно-методическом уровне вполне оправдано необходимостью изучения данного учебного материала в качестве основы при освоении вопросов, связанных с принципами построения и функционирования полупроводниковых приборов.

Ведущее место в курсе радиоэлектроники, безусловно, занимает изучение электронно-дырочного перехода и процессов, происходящих в нем, поскольку именно с *p-n*-переходом связана работа наибольшего числа разнообразных полупроводниковых электронных приборов. Поэтому мы считаем, что в курсе общей физики должны, хотя бы на простейшем уровне, рассматриваться все во-

просы, связанные с электронно-дырочным переходом. К ним прежде всего относятся следующие вопросы:

- механизм образования  $p$ - $n$ -перехода;
- токи в  $p$ - $n$ -переходе;
- поле и энергетическая диаграмма  $p$ - $n$ -перехода;
- $p$ - $n$ -переход под прямым и обратным смещениями;
- ВАХ  $p$ - $n$ -перехода;
- пробой  $p$ - $n$ -перехода;
- использование  $p$ - $n$ -перехода в качестве первичных датчиков, а также в системах обработки информации.

Кроме того, желательно уже при изучении физики давать студентам начальные сведения и представления о физических принципах работы электронно-лучевых трубок, принципах телевидения, терморезисторах, фоторезисторах, варисторах, выпрямительных диодах, стабилитронах, основные сведения о биполярных и полевых транзисторах. Желательно также рассматривать влияние различных физических факторов на режимы работы и характеристики простейших электронных приборов.

Возможным и полезным является также сообщение уже в курсе общей физики следующих начальных сведений о микроэлектронике.

Современная микроэлектроника развивается в трех основных направлениях, связанных с созданием и совершенствованием гибридных интегральных схем, полупроводниковых интегральных схем, функциональных устройств [7].

Интегральная микросхема (ИМС) представляет собой микросхему, все или часть которой неразрывно связаны и электрически соединены между собой так, что устройство рассматривается как единое целое.

Гибридная интегральная микросхема — это микросхема, часть элементов которой имеет самостоятельное конструктивное оформление.

Полупроводниковая интегральная микросхема — это интегральная микросхема, элементы которой выполнены в объеме или на поверхности полупроводникового материала.

Сам термин «интегральная микросхема», как известно, выражает факт объединения (интеграции) отдельных деталей — компонентов в единый прибор, а также факт усложнения выполняемых этим прибором функций по сравнению с функциями отдельных компонентов. Такое объединение отдельных компонентов в микросхемах приводит к качественному улучшению их физических свойств. Это связано с тем, что расстояния между отдельными элементами микросхемы не превышают 50–100 мкм. На таких расстояниях полупроводниковый материал практически идеально однороден и его параметры изменяются одинаково при изменении внешних условий. Этот факт чрезвычайно важен, поскольку и активные (биполярные, полевые транзисторы, тиристоры, туннельные диоды и т.д.), и пассивные (резисторы, конденсаторы) компоненты микросхем выполняются на основе полупроводниковых материалов, как правило, полученных в одном технологическом цикле и имеющих одни и те же характеристики. Свойства полупроводниковых материалов в значительной мере определяются внешними условиями, и прежде всего температурой. Но если иметь несколько одинаковых компонентов с одинаково изменяющимися параметрами, их можно всегда включить в электронную схему так, что изменения параметров будут взаимно компенсироваться.

Весьма значительное число связей с физикой имеет функциональная микроэлектроника (раздел 10 программы). Она предполагает принципиально новый подход к созданию электронной аппаратуры, позволяющий реализовать определенную функцию того или иного электронного устройства путем непосредственного использования физических явлений в твердом теле. В этом случае локальному объему твердого тела придаются физические свойства, необходимые для выполнения данной функции. В качестве материалов для устройств функциональной микроэлектроники используются не только полупроводники, но и сегнетоэлектрики, сверхпроводники, диэлектрики и т.д. Для переработки информации в функциональных устройствах используются физические явления, не обязательно связанные с электропроводностью: например, оптические, магнитные, явления, распространение ультразвука и др. Ряд направлений функциональной микроэлектроники, таких как оптоэлектроника, акустоэлектроника, магнетоэлектроника, криоэлектроника, хемотроника, биоэлектроника, молекулярная электроника и др. уже получили практическое применение [7–9].

И, наконец, безусловно оправданно будет привести в курсе общей физики хотя бы в самом общем виде первоначальные сведения о наноэлектронике, а именно о физических принципах функционирования наноэлектронных устройств, которые в корне отличаются от таковых для микроэлектрон-

ных изделий. И отличие это связано с изменением физических закономерностей, возникающих при уменьшении размеров полупроводниковых структур на несколько порядков. Так, в нанoeлектронике используются уже не электроны, как частицы, переносящие электрический заряд, а их волновые функции. В нанoeлектронных элементах отсутствуют такие физические процессы, как диффузия и дрейф, характерные для микроэлектронных устройств. Определение «входа» и «выхода» возможно только в течение так называемого рефракторного периода, когда существует определенный порог внешних воздействий. Как правило, нанoeлектронный элемент представляет собой совокупность квантовых ям и потенциальных барьеров, энергетический спектр таких элементов зависит от размеров, а добавление всего лишь одного электрона существенно меняет энергетическую диаграмму [10, 11].

Подводя итог сказанному, можно заключить, что изучение радиоэлектроники будущими преподавателями физики имеет важное значение в мотивации физического образования. Кроме того, оно существенно в постановке исследовательско- и практико-ориентированного учебного процесса на педагогических специальностях университетов, поскольку успехи электроники базируются на фундаментальных модельных представлениях физики: электродинамике; квантовой механике; статистической физике; термодинамике.

С другой стороны, электроника сама является источником и стимулом развития фундаментальной науки.

Таким образом, на наш взгляд, подготовка преподавателей физики в университетах должна обеспечивать не только приобретение студентами фундаментальных знаний, необходимых для формирования мировоззрения, понимания сущности процессов и явлений природы, но и обеспечивать приобретение студентами знаний и умений, необходимых для изучения последующих специальных дисциплин. Изучение физики должно способствовать формированию политехнических знаний и умений студентов на межпредметной, междисциплинарной основе с учетом того обстоятельства, что в своей будущей профессиональной деятельности студенты должны будут не только использовать в максимальной степени достижения современной электроники, но и хотя бы в начальной степени обучать им своих учеников.

#### Список литературы

1. Максимова В.Н. Межпредметные связи. — М.: Высш. шк., 2003. — 167 с.
2. Пастушенко С.Н. Реализация межпредметных связей физики, электротехники и радиотехники в техническом вузе // Преподавание физики в высшей школе. — № 23. — С. 152–156; Новые технологии в преподавании физики: Школа и вуз: Материалы III Междунар. конф. — М., 2002. — 456 с.
3. Пастушенко С.Н. Пути реализации межпредметных связей курса физики с микроэлектроникой // Физика в системе современного преподавания: Тр. VII Междунар. конф. — СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И.Герцена, 2003. — Т. 2. — С. 68–71.
4. Гурьев А.И. Межпредметные связи в теории и практике современного образования // Инновационные процессы в системе современного образования: Материалы Всеросс. науч.-практ. конф. — Горно-Алтайск, 1999. — 160 с.
5. Типовая учебная программа «Радиоэлектроника» по специальности «050110 — Физика». — Алматы, 2005. — С. 81–85.
6. История естествознания в датах. — М.: Наука, 1997. — 367 с.
7. Росадо Л. Физическая электроника и микроэлектроника. — М.: Высш. шк., 1991. — 352 с.
8. Алферов Ж.И. Двойные гетероструктуры: концепция и применение в физике, электронике и технологии // УФН. — 2002. — Т. 173. — № 9. — С. 1069–1086.
9. Алферов Ж.И. История и будущее полупроводниковых гетероструктур // ФТП. — 1998. — Т. 32. — № 1. — С. 3–18.
10. Кравченко А.Ф., Овсяк В.Н. Электронные процессы в твердотельных системах пониженной размерности. — Новосибирск: Изд. НГУ, 2000.
11. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гриднич В.А. Основы электроники. — Новосибирск: НГУ, 2000.