

УДК 621.38(076)

DOI: 10.18384/2310-7251-2017-4-129-138

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА» БАКАЛАВРАМИ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ

Емельянов В.А.

Московский государственный областной университет

105005, г. Москва, улица Радио, д.10А, Российская Федерация

Аннотация. В работе обобщён опыт преподавания дисциплины «Физическая электроника» студентам направления подготовки «Педагогическое образование», профиля «Физика и информатика». Показано место дисциплины в пределах педагогического образования. Указана значимость в формировании у студентов способностей использовать естественнонаучные и математические знания для ориентирования в современном информационном пространстве. Представлены методы организации аудиторной и самостоятельной работы студентов, а также критерии оценивания результатов в рамках балльно-рейтинговой системы.

Ключевые слова: физическая электроника, балльно-рейтинговая система, лабораторная работа, расчётно-графическое задание, критерии оценивания.

METHODICAL ASPECTS OF STUDYING DISCIPLINE “PHYSICAL ELECTRONICS” WITH BACHELORS OF PEDAGOGICAL DIRECTION OF TRAINING

V. Emelyanov

Moscow Region State University

ul. Radio 10A, 105005 Moscow, Russian Federation

Abstract. The paper summarizes the experience of teaching the discipline “Physical Electronics” to students in the field of training “Pedagogical Education”, the profile of “Physics and Informatics”. The place of discipline within pedagogical education is shown. The importance in the formation of students’ abilities to use natural-science and mathematical knowledge for orientation in the modern information space is indicated. Methods of organization of classroom and independent work of students, as well as criteria for evaluating results within the rating-rating system are presented.

Key words: physical electronics, score-rating system, laboratory work, calculation and graphical task, evaluation criteria.

Под физической электроникой понимают обширную область науки и техники, базирующуюся на изучении физических явлений, связанных с протеканием электрического тока в полупроводниках, вакууме, газе и т.д., для создания на их

основе новых электронных приборов и устройств. Электроника прочно вошла в самые различные сферы деятельности человека.

Возникновению электроники предшествовало изобретение радио в конце XIX в. Электроника решала задачи, связанные с генерированием, усилением и преобразованием электрических сигналов на базе электронных ламп. Однако настоящее развитие электроники началось в 1947 г. с изобретением полупроводникового триода – транзистора, который по своим техническим параметрам превосходил электронные лампы.

Транзисторы имеют меньшие размеры, высокую механическую прочность, экономичность и ряд других достоинств.

Следующий этап развития обусловлен переходом электронной аппаратуры на интегральные микросхемы. Электроника стала основой компьютерной техники.

Развитие электроники продолжается и в настоящее время, стимулируя прогресс во многих областях науки и техники.

Объём времени, направление и профиль подготовки определили круг рассматриваемых вопросов. Приоритет отдан рассмотрению полупроводниковых материалов и полупроводниковых приборов, а также аналоговых и цифровых устройств, работающих на базе полупроводниковых приборов.

Основными целями изучения дисциплины являются овладение студентами действенными знаниями о сущности электромагнитных процессов в электронных устройствах, изучение принципов действия и характеристик полупроводниковых приборов, типовых функциональных узлов электронных устройств и принципов их применения в информационных системах.

Задачи освоения дисциплины – изучение основных понятий, явлений и законов физической электроники, а также освоение основных методов анализа электронных устройств; формирование научного мышления и владения методами оценки достоверности результатов, полученных с помощью экспериментальных исследований; ознакомление со структурой, основными характеристиками и принципами работы электронных устройств; практическое изучение способов проведения электрических измерений.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- узнать основные научные факты, понятия, законы, связанные с протеканием электрического тока в чистых, примесных полупроводниках и полупроводниковых структурах в рамках современной естественнонаучной картины мира;
- освоить теоретические и практические основы исследовательской деятельности;
- научиться применять естественнонаучные знания в учебной, профессиональной и исследовательской деятельности;
- овладеть методологией и методами физического эксперимента; навыками определения целей и способов, адекватных поставленным задачам исследования.

В результате изучения «Физической электроники» у студента на основе полученных знаний, умений и навыков должны быть сформированы следующие компетенции:

- способность использовать естественнонаучные и математические знания для ориентирования в современном информационном пространстве;
- способность руководить учебно-исследовательской деятельностью обучающихся.

Содержание дисциплины включает восемь тем (табл. 1). Изучение тем предусматривает выполнение лабораторных, расчётных работ. Оценка результатов освоения дисциплины проводится на основе балльно-рейтинговой системы [1]. По каждой теме (модулю) предусмотрено выполнение лабораторной работы [2] (табл. 1).

Таблица 1.
Наименования тем дисциплины и лабораторных работ

Темы	Лабораторные работы
1. Физические основы работы полупроводниковых приборов.	1. Изучение вольтамперной характеристики полупроводникового диода и стабилитрона.
2. Полупроводниковые диоды.	
3. Полевые транзисторы.	2. Изучение полевого транзистора.
4. Биполярные транзисторы.	3. Изучение биполярного транзистора.
5. Электронные усилители.	4. Изучение резисторного усилителя напряжения.
6. Логические элементы цифровых устройств.	5. Изучение основных логических элементов.
7. Базовые логические элементы.	
8. Цифровые устройства последовательностного типа.	6. Изучение триггеров RS , D и T типов. 7. Изучение параллельного и последовательного регистров.

Каждому лабораторному занятию предшествует самостоятельная подготовка студента [3; 4], включающая:

- ознакомление с содержанием лабораторной работы по методическому пособию;
- изучение теоретического материала по рекомендованным учебникам;
- составление конспекта, который должен содержать название лабораторной работы, её цель и задачи; краткое описание теории; описание установки и метода измерений; таблицы для записи результатов измерений. Краткая теория должна содержать основные определения, законы, расчётные формулы с расшифровкой всех буквенных обозначений.

Для получения допуска студент должен показать понимание исследуемых в работе физических явлений, принципов действия полупроводниковых проборов, аналоговых и цифровых устройств; усвоение им метода определения искомых величин. Получившие допуск студенты приступают к выполнению практической части работы.

Полученные экспериментальные данные представляются преподавателю. В оставшееся время на занятии студент занимается расчётами, оформляет отчёт по лабораторной работе. Полностью оформленный в рабочей тетради отчёт предъявляется преподавателю на защите лабораторной работы. Отчёт должен содержать: конспект; таблицы с результатами измерений и расчётов; графики; итоги работы (основные результаты и выводы). Вывод делается на основе анализа обнаруженных в работе закономерностей, сравнении полученных результатов с теоретическими.

Максимальная сумма баллов, которые студент может набрать за лабораторные работы, равняется 35 баллам (всего 7 лабораторных работ, до 5 баллов за одну лабораторную работу). В таблице 2 представлены критерии оценивания лабораторной работы.

Таблица 2.
Критерии оценивания лабораторной работы

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
Высокий	Все лабораторные задания выполнены полностью. Необходимые измерения проведены в условиях, обеспечивающих наименьшую погрешность. Необходимые расчёты выполнены без ошибок. В отчёте правильно и аккуратно представлены все таблицы, чертежи, графики и сделаны выводы. Соблюдена инструкция по охране труда.	5
Оптимальный	Лабораторные задания выполнены полностью, но измерения проведены в условиях, не обеспечивающих наименьшую погрешность, или были допущены два-три недочёта, или была допущена одна негрубая ошибка в расчётах.	4
Удовлетворительный	Лабораторные задания выполнены не полностью, но полученные результаты позволяют сделать правильный вывод, или измерения проводились в условиях, которые привели к результату с большой погрешностью, или в отчёте были допущены не более двух ошибок (в записи единиц измерения, в вычислениях, графиках, таблицах, схемах и т.д.)	3
Неудовлетворительный	Лабораторные задания выполнены не полностью, и полученные результаты не позволяют сделать правильный вывод. Необходимые измерения и вычисления производились неправильно.	0-2

Программа дисциплины «Физическая электроника» предусматривает проведение трёх контрольных мероприятий в форме домашнего задания (расчётно-графические задания (РГЗ)). Ниже представлены возможные расчётно-графические задания для проверки и закрепления знаний, полученных студентами [5–7].

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ № 1

1. Объясните различие энергетических состояний в изолированном атоме и кристалле.
2. Как изменится энергетическая диаграмма валентных электронов, если количество образующих кристалл атомов увеличить в 2 раза?
3. Объясните с точки зрения зонной теории различие в электрических свойствах диэлектриков, полупроводников и металлов.
4. Объясните механизм дырочной проводимости чистых полупроводников.
5. Объясните с точки зрения зонной теории электрические свойства полупроводников.
6. Определите, во сколько раз возрастёт удельная проводимость германия при нагревании от 0 до 17 °С. Ширину запрещённой зоны принять равной 0,72 эВ.
7. Определите ширину запрещённой зоны чистого полупроводника, если при температурах T_1 его сопротивление равно R_1 , а при $T_2 - R_2$ ($T_1 > T_2$).
8. В чистый кремний введена примесь бора. Определите и объясните тип проводимости примесного полупроводника.
9. Изобразите энергетические зонные диаграммы полупроводников *n*- и *p*-типа и объясните механизм их проводимости.
10. Нарисуйте и объясните на зонной схеме положение уровня Ферми для полупроводника *n*-типа при 1) $T = 0$ К, 2) $T > 0$ К.

РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ № 2

1. Опишите физические процессы, происходящие в *p-n*-переходе.
2. Какое направление и почему в *p-n*-переходе для тока является пропускным, если внешнее и контактное поля: 1) совпадают по направлению, 2) противоположны по направлению?
3. Опишите физические процессы, происходящие на контакте металла с полупроводником *p*-типа для случаев: 1) $A_M > A_n$, 2) $A_M < A_n$ (A_M – работа выхода из металла, A_n – работа выхода из полупроводника).
4. Рассчитайте и постройте прямую ($U_{пр} = 0 \dots 300$ мВ (5 точек)) и обратную ($U_{обр} = 0 \dots 100$ В (5 точек)) вольтамперную характеристику выпрямительного диода $I = f(U)$ при температуре окружающей среды 20 °С.
5. Обратный ток насыщения кремниевого диода равен 0,1 мкА, а германиевого – 1 мкА. Вычислите прямые напряжения диодов при протекании через них тока 100 мА.
6. Определите напряжение, при котором обратный ток диода будет составлять 70% от тока насыщения. Температура $T = 298$ К.
7. На рисунке 2.1 изображена схема параметрического выпрямителя, поддерживающего на нагрузке $R_n = 1$ кОм напряжение $U_n = 10$ В. Определите ми-

нимальное $U_{вх\min}$ и максимальное $U_{вх\max}$ значения входного напряжения, если минимальный ток стабилитрона $I_{с\min} = 1$ мА, а максимальный $I_{с\max} = 30$ мА. Сопротивление балластного резистора $R_6 = 0,5$ кОм.

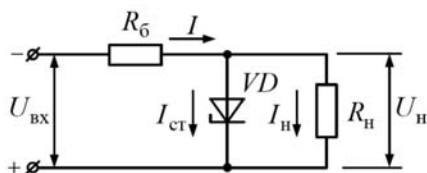


Рис. 2.1.

8. Нарисуйте и объясните проходные и выходные характеристики полевого транзистора с управляющим $p-n$ -переходом.

9. Используя входную и выходные характеристики биполярного транзистора, включённого по схеме с общим эмиттером (рис. 2.2), определить коэффициент усиления по току h_{21} , значение напряжения на коллекторе $U_{кэ}$, мощность, выделяемую на нагрузочном сопротивлении R_k , если напряжение на базе $U_6 = 0,4$ В, значение сопротивления нагрузки $R_k = 50$ Ом и напряжение источника питания $E_k = 20$ В.

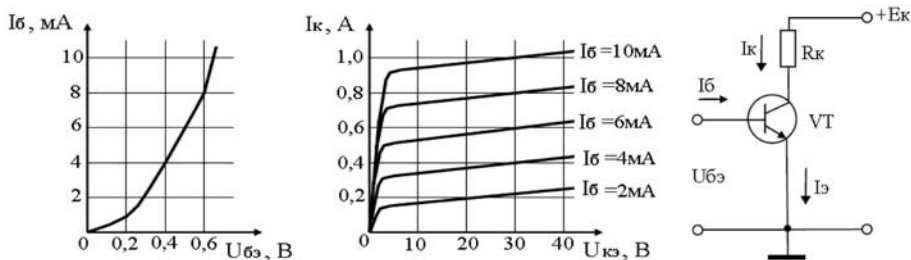


Рис. 2.2.

10. Изобразите схему аperiodического усилителя и объясните назначение элементов.

РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ № 3

1. На рис. 3.1 представлена временная диаграмма входных сигналов элемента И. Изобразите временную диаграмму выходного сигнала.

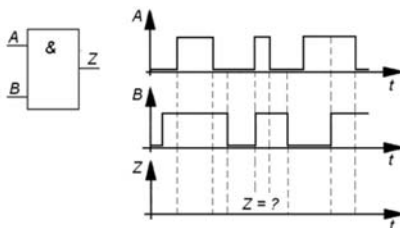


Рис. 3.1.

2. Из логических элементов ИЛИ-НЕ синтезируйте и нарисуйте схему устройства, реализующего логическое умножение.

3. Из логических элементов И, ИЛИ и НЕ синтезируйте и нарисуйте схему устройства, реализующего уравнение $Z = (A \cdot B) \oplus (A + B)$.

4. На рис. 3.2 представлены временные диаграммы входных сигналов A и B и выходного сигнала Z неизвестного элемента. Какую логическую операцию реализует этот элемент?

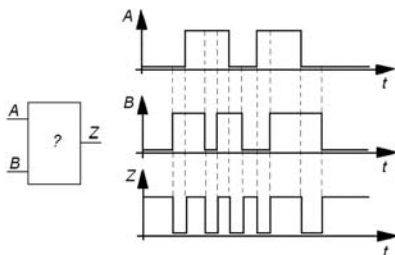


Рис. 3.2.

5. Составьте уравнение и таблицу истинности для схемы, изображенной на рис. 3.3.

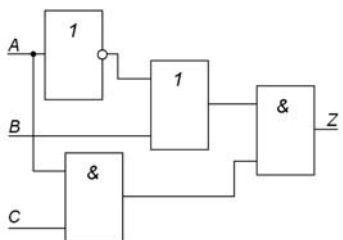


Рис. 3.3.

6. На рис. 3.4 представлены временные диаграммы входных сигналов асинхронного RS-триггера с прямыми входами. Изобразите временную диаграмму выходных сигналов.

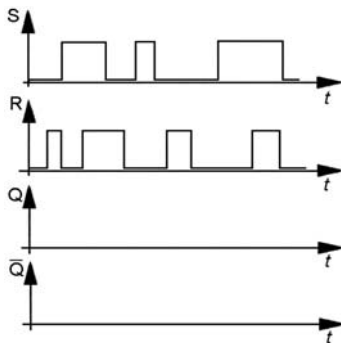


Рис. 3.4.

7. Начертите схему, условное обозначение и объясните принцип действия 4-х разрядного последовательного регистра.

8. На информационный вход последовательного четырехразрядного регистра подана последовательно комбинация логических сигналов 11001101. Определите состояния триггеров регистра после 5 синхронизирующего импульса.

9. Изобразите временные диаграммы записи двоичного числа 1101 в последовательный четырехразрядный регистр. Запись осуществляется по фронту синхронизирующего импульса.

10. Начертите временные диаграммы записи двоичного числа 0110 в параллельный четырёхрядный регистр. Запись осуществляется по фронту синхроимпульса.

Максимальная сумма баллов, которые студент может набрать за решения РГЗ, равняется 15 баллам (всего 3 работы, до 5 баллов за одну работу). В таблице 3 представлены критерии оценивания одной задачи из РГЗ.

Таблица 3.
Критерии оценивания задачи РГЗ

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
Высокий	Правильный, исчерпывающий, конкретный ответ на поставленный вопрос; хорошее владение терминологией. Записаны формулы, применение которых необходимо для решения задачи, и проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу. Представленный схематический рисунок, схема или график не содержат ошибок.	0,5
Оптимальный	Неточности в ответе; наличие двусмысленного или предельно обобщённого ответа на вопрос. Представленное решение содержит один из следующих недостатков: – допущены ошибки в математических вычислениях; – представлено правильное решение в общем виде без вычислений; Представленный схематический рисунок, схема или график содержит неточность или одну ошибку.	0,4
Удовлетворительный	Наличие в ответе более двух грубых ошибок; представленная в ответе информация имеет поверхностный характер; несоответствие ответа поставленному вопросу; неконкретность ответа на вопрос. Представленное решение содержит один из следующих недостатков: – допущены ошибки в математических преобразованиях, отсутствуют расчёты; – представлено правильное решение, но допущена ошибка в определении данных по графику; – записаны не все формулы, необходимые для решения задачи, или одна из них записана с ошибкой. Представленный схематический рисунок, схема или график содержит не более двух ошибок.	0,3
Неудовлетворительный	Наличие принципиальных ошибок в ответах или отсутствие; полное незнание терминологии.	0–0,2

Таким образом, за выполнение лабораторных работ, решения РГЗ студент может получить до 50 баллов, за посещение лекционных и лабораторных занятий ещё до 10 баллов. Остальные 40 баллов студент может набрать на зачёте. Итоговая оценка выставляется исходя из максимальной суммы набранных баллов.

Заключение

В учебные планы подготовки педагогов физических и математических профилей включены лабораторные и самостоятельная работы. Именно при выполнении лабораторной работы у студентов формируются навыки руководителя учебно-исследовательской деятельностью обучающихся, умение формулировать цели, задачи, делать правильные выводы. Решение РГЗ стимулирует поиск нужной информации, развивая способность ориентирования в современном информационном пространстве. Оценка приобретенных знаний и умений студентов требует продуманной балльно-рейтинговой системы оценок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Положения о балльно-рейтинговой системе оценки успеваемости студентов МГОУ : протокол заседания УМС от 26.11.2012 г. № 03, протокол заседания УС от 27.12.2012 г. № 04 [Электронный ресурс]. URL: http://txts.mgou.ru/17.10.2017/ballno_reyt_sistema.pdf (дата обращения: 05.12.2017).
2. Емельянов В.А. Физическая электроника. Лабораторный практикум М.: МГОУ, 2016. 64 с.
3. Бугримов А.Л. Методические рекомендации по проведению лабораторных работ и практических занятий / А.Л. Бугримов, Т.Н. Грань, С.А. Холина. М.: МГОУ, 2014. 10 с.
4. Бугримов А.Л. Методические рекомендации по организации внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся / А.Л. Бугримов, Т.Н. Грань, С.А. Холина. М.: МГОУ, 2014. 12 с.
5. Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики для втузов. М.: «ОНИКС 21 век», 2005. 384 с.
6. Задачи на диоды [Электронный ресурс]. URL: <https://studfiles.net/preview/1700326/> (дата обращения: 5.12.2017).
7. РГЗ Задачи по транзисторам [Электронный ресурс]. URL: <https://studfiles.net/preview/2113870/> (дата обращения: 5.12.2017).

REFERENCES

1. *Polozheniya o ball'no-reitingovoi sisteme otsenki uspevaemosti studentov MGOU : protokol zasedaniya UMS ot 26.11.2012 g. № 03, protokol zasedaniya US ot 27.12.2012 g. № 04* [The provisions on point-rating system of student assessment MRSU : minutes of the meeting of EMC from 26.11.2012, № 03, minutes of the meeting of the EC from 27.12.2012 № 04]. Available at: http://txts.mgou.ru/17.10.2017/ballno_reyt_sistema.pdf (accessed: 05.12.2017).
2. Emel'yanov V.A. *Fizicheskaya elektronika. Laboratornyi praktikum* [Physical electronics. Laboratory course]. Moscow, MRSU Ed. off. Publ., 2016, 64 p.
3. Bugrimov A.L., Gran' T.N., Kholina S.A. *Metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu laboratornykh работ i prakticheskikh zanyatii* [Methodical recommendations on conducting of laboratory works and practical classes]. Moscow, MRSU Ed. off. Publ., 2014, 10 p.

4. Bugrimov A.L., Gran' T.N., Kholina S.A. *Metodicheskie rekomendatsii po organizatsii vneauditornoj samostoyatel'noi raboty obuchayushchikhsya* [Methodical recommendations on the organization of extracurricular independent work of students]. Moscow, MRSU Ed. off. Publ., 2014, 12 p.
5. Trofimova T.I. *Sbornik zadach po kursu fiziki dlya vtuzov* [Collection of problems on physics course for technical colleges]. Moscow, ONIKS 21 vek Publ., 2005. 384 p.
6. *Zadachi na diody* [Tasks about diodes]. Available at: <https://studfiles.net/preview/1700326/> (accessed: 5.12.2017)
7. *RGZ Zadachi po tranzistoram* [RGZ task of transistors]. Available at: <https://studfiles.net/preview/2113870/> (accessed: 5.12.2017)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Емельянов Владимир Анатольевич – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей физики Московского государственного областного университета;
e-mail: vladanemel@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Vladimir A. Yemelyanov – PhD in Physico-mathematical sciences, associate professor at the Department of General Physics, Moscow Region State University;
e-mail: vladanemel@mail.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Емельянов В.А. Методические аспекты изучения дисциплины «Физическая электроника» бакалаврами педагогического направления подготовки // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Физика-Математика. 2017. № 4. С. 129–138.
DOI: 10.18384/2310-7251-2017-4-129-138

FOR CITATION

Emelyanov V.A. Methodical aspects of studying discipline “Physical electronics” with bachelors of pedagogical direction of training. In: *Bulletin of Moscow Region State University. Series: Physics and Mathematics*. 2017. no. 4. pp. 129–138.
DOI: 10.18384/2310-7251-2017-4-129-138