

УДК 371.38

https://doi.org/10.33619/2414-2948/70/52

МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ПО ЗОННОЙ ТЕОРИИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА «АРМИЯ ЭЛЕКТРОНОВ»

©*Касимахунова А. М.*, ORCID: 0000-0002-1253-1955, д-р техн. наук, Ферганский политехнический институт, г. Фергана, Узбекистан, kasimahunova@rambler.ru

©*Шаходжаев М. А.*, ORCID: 0000-0003-1646-0346, канд. пед. наук, Ферганский политехнический институт, г. Фергана, Узбекистан, m.shaxodjaev@ferpi.uz

TEACHING STUDENTS ABOUT ZONE THEORY USING THE “ARMY OF ELECTRONS” METHOD

©*Kasimakhunova A.*, ORCID: 0000-0002-1253-1955, Dr. habil., Ferghana Polytechnic Institute, Ferghana, Uzbekistan, kasimahunova@rambler.ru

©*Shakhodjaev M.*, ORCID: 0000-0003-1646-0346, Ph.D., Ferghana Polytechnic Institute, Ferghana, Uzbekistan, m.shaxodjaev@ferpi.uz

Аннотация. В статье приведены результаты исследования по разработке новых педагогических технологий в обучении учащихся и студентов профессиональных технических заведений. Предложен метод преподавания, обусловленный теорией подобности, описаны сущность и порядок проведения урока и проанализированы результаты проведенных экспериментов. Авторы статьи заключили, что целесообразным считается изучение опыта преподавания технических специалистов в вузах Узбекистана, освещение широким планом методы преподавания данных специалистов, а также анализ результатов разнообразных способов обучения.

Abstract. The article under discussion presents the results of the research on the development of new pedagogical technologies for teaching pupils and students of vocational technical schools. The method of teaching conditioned by the theory of similarity is proposed, the essence and order of the lesson is described and the results of the experiments are analyzed. The authors conclude that it is advisable to study the experience of teaching technical specialists in the country's universities, to cover teaching methods of those specialists extensively and to analyze the results of various teaching methods.

Ключевые слова: полупроводник, генерация, рекомбинация, замена, схема замещения, солдатики, энергия, мощь, сила, столкновение, носитель.

Keywords: semiconductor, generation, recombination, substitution, substitution circuit, solders, energy, power, force, collision, carrier.

Введение

При обучении студентов профессиональных учебных заведений наиболее сложным являются физические процессы, происходящие внутри твердого тела. В учебных планах технических высших учебных заведений практически нет специальностей, где отсутствует предмет физика. Что касается энергетических специальностей, то здесь просто без физики невозможно изучать какую-либо дисциплину. Предмет «Альтернативные источники тока и установки на их основе» включает в себя изучение солнечных преобразователей, в которых без понимания зонной теории, практически отпадают шансы понимания принципов их работы, схем, в результате чего на практике сложно привить навыки по их эксплуатации [1].

Зонная теория является достаточно сложной [2-4]. Кроме понимания принципов существования валентной зоны, зоны проводимости и т.д., в данной части обучающийся должен уметь хорошо представить возбуждение электрона при сообщении о дополнительной энергии, процессе генерации и рекомбинации, поглощении энергии, диффузии электронов, прямозонности, кривозонности, туннельных переходах и так далее. Кроме этого, существует понятие уровня Ферми, без хорошего понимания которого в данной области невозможно ничего нового ни создать, ни сотворить и ни разработать. Современная наука требует постоянного развития и совершенствования. Инженер или обслуживающий персонал солнечных электростанций должен обладать определенными знаниями в этой области [5]. Поскольку производительность обучения зависит от креативности преподавателя [6], здесь необходимо помочь педагогу разработкой новых методов преподавания педагогических технологий. В связи с этим нами разработан метод «Армия электронов», при умелом его применении в учебном процессе, возможно повышается уровень успеваемости учащихся группы. Название метода «Армия электронов» придумана авторами настоящей статьи.

Теоретическое предположение

Основой разработки предлагаемого метода обучения является теория подобия [7, 8]. Это объясняется значительной ролью физического подобия явлений, протекающих в природе и в технических устройствах, которое существует в современных научных исследованиях и проектных разработках в области энергетики, аэродинамики, теплообмена и массообмена. По данному методу, согласно теории, электроны, находящиеся в объеме твердого тела, условно мысленно заменяются солдатами, то есть каждый электрон, сам по себе, представляет одного солдата.

Совокупность солдат (электронов) — есть армия электронов. Если в качестве твердого тела можно взять полупроводниковый материал размером 1 см^3 , то в его объеме вмещается от 10^{17} до 10^{22} электронов [3, 4]. Конкретное количество электронов определяется исходя из материала полупроводника. Более конкретное количество электронов для каждого твердого тела, независимо от того, является ли это металлом, полупроводником или другим, легко определить с помощью справочной литературы по физике.

Для объяснения характера движения электронов возьмем движение солдата во время тренировочного занятия или боя. Причем в качестве физической величины энергии принимаем мощь (силу) солдата. Внешняя воздействующая сила, то есть кванты¹ — это сигнал на тревогу [9]. Ширина запрещенной зоны полупроводника — это деревянный барьер тренировочной площадки. Остальной процесс происходит внутри поле боя. Единственное отличие в данном подобии, которое выражает противоположную сторону физического процесса — притягивание двух разноименных носителей заряда: электронов и дырок. В реальном бое противоположные стороны стремятся истребить противника.

При проведении урока по физике важную роль играет креативность преподавателя. Исходя из его находчивости возможно придумать очень много вариантов объяснения движения электронов в твердом теле и процесс, протекающий как в объеме, так и на стыке двух разноименных материалов. В данном случае под термином «разноименных» можно понимать контактное соединение металла и полупроводника или полупроводников с электронной и дырочной проводимостью, то есть *p*- и *n*- типа. При генерации электронов в

¹ *Примечание:* Поскольку здесь речь идет о разработке интерактивных методов преподавания дисциплины «Альтернативные источники энергии», т.е. в частности по солнечной энергетике, то в качестве внешнего фактора принимались солнечные излучения-кванты.

зону проводимости не исключается некоторое хаотическое движение носителей заряда (солдатиков). Процесс соударения этих частиц заканчивается либо изменением направления электрона на энергетическом уровне (ударение рикошетом), либо полной остановкой одного или обоих электронов (соответственно: при неравенстве энергии электрона (и следовательно силы и подготовки солдатика), или при равенстве энергий соударяющихся электронов (солдатиков)). Данное практически игровое [10] объяснение хорошо формируется в ячейке памяти слушателя аудитории. Кроме того, способствует длительному запоминанию пройденного материала, а также стимулирует ученика выработке дополнительных идей. Последнее сопровождается восклицанием ученика к преподавателю с целью передачи своей идеи или размышления, в результате которого студент привлекается к активности, освоению изучаемой тематики. Обычно такие обсуждения происходят очень бурно, в результате которого атмосфера аудитории вынуждает к привлечению внимания других малоактивных учеников к анализируемой теме [11, 12].

Проведение эксперимента

Опыты по изложению сути тематики по зонной теории полупроводниковых материалов, проводились как в техникуме промышленности и сервиса по энергетическим специальностям в городе Фергане Республики Узбекистан, так и политехническом институте среди студентов-бакалавров по направлению «Электроника и микроэлектроника». В начале эксперимента ученикам была дана немного подробно изложена суть науки теории подобности. Было объяснено преимущество этого метода, и способ применения его к изучаемой тематике. Для упрощения задачи некоторые расходящиеся моменты были исключены, например притяжение разноименных носителей заряда в объеме кристалла (в военной среде они считаются против борющимися), занятие территории противника принималось вместо захлопывания электронов и дырок и т.д. Были представлены заранее подготовленные демонстрационные слайды (с анимацией) в виде презентаций, где изображены энергетическая диаграмма зонного перехода носителей заряда по учебнику (Рисунок 1а) и схема замещения этой диаграммы (Рисунок 1б).

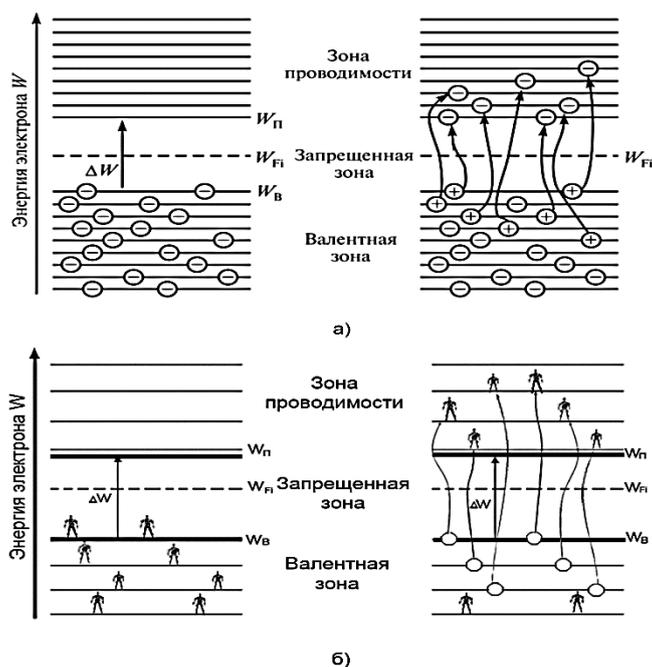


Рисунок 1 (а, б). Энергетическая диаграмма зонного перехода

Вопросы обладания энергетической силой объяснялись ростом, телосложением и подготовкой солдатиков. Для простоты понимания, электроны-солдатики невысокого роста и худощавого телосложения были размещены на нижние энергетические уровни валентной зоны. Переход через запрещенную зону зависит от энергии электрона (силы солдата), в зависимости от превосходности энергии (или силы) они занимают более высокий энергетический уровень.

Таким же образом объясняется соударение электронов при хаотическом или упорядоченном движении (Рисунок 2). Как видно из рисунка, соударение могут быть упругими и неупругими. На Рисунке 2а показан простейший вид лобовых соударений двух электронов. На Рисунке 2б и 2в соударение практически рикошетом.

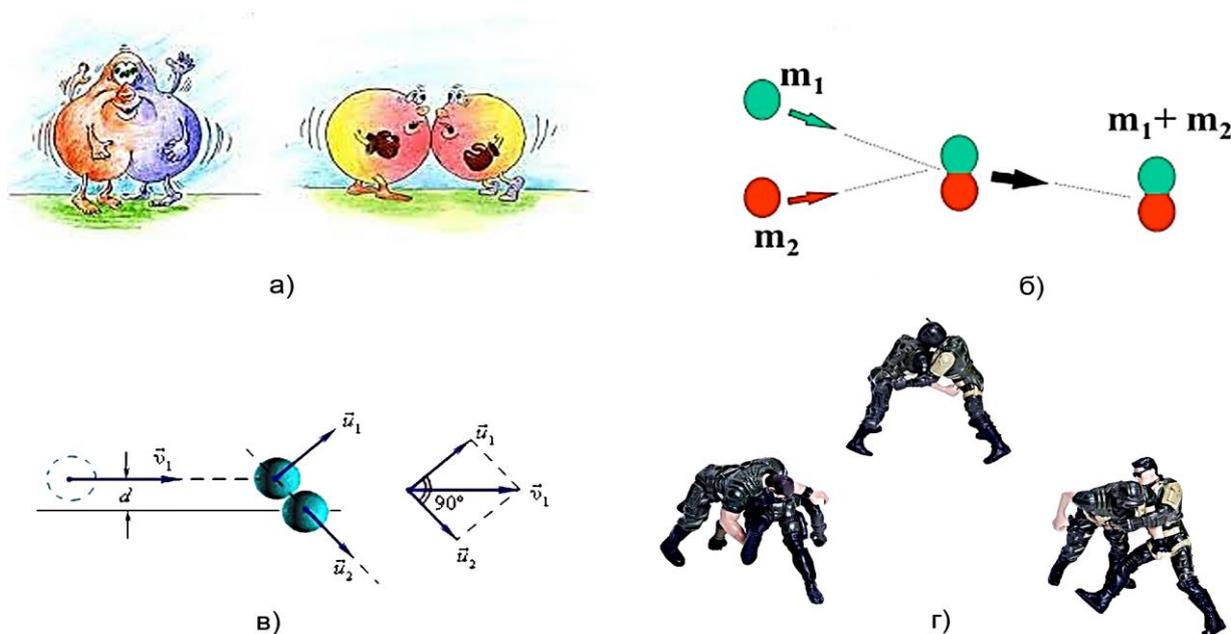


Рисунок 2. Вид ударяющихся электронов: а) упругое столкновение, б) не упругое столкновение, в) векторная диаграмма столкновений электронов, г) применение теории подобия с заменой электрона на солдатиков

В целом в этом случае понятие упругих и неупругих соударений возможно объяснить с помощью формул соответственно (1) и (2)ю

$$v_1^{\text{упр}} = \frac{2m_2v_2 + (m_1 - m_2) * v_1}{m_1 + m_2} \quad (1)$$

$$v_2^{\text{неупр}} = \frac{2m_1v_1 + (m_2 - m_1) * v_2}{m_1 + m_2} \quad (2)$$

Вне зоны области объемного заряда движение электронов имеет в какой-то степени хаотический вид, в результате чего они сталкиваются друг с другом (Рисунок 2а). В результате этих столкновений происходит изменение направления движения, остановка, продолжение движения носителя заряда под определенным углом или с наименьшей скоростью. Этот процесс преподаватель должен объяснить с энергетической точки зрения. Игровой вид соударений электронов этими же солдатиками показаны на Рисунке 2г. Здесь видно, что в результате столкновений часть электронов все же остается в зоне проводимости (в виде боеспособного солдатика) или погибает, то есть происходит рекомбинационный

процесс и электрон, свалившийся в зону проводимости не сможет внести вклад в образовании электрического тока (это явление очень хорошо и наглядно наблюдается в фотоэлектрических преобразователях светового излучения). В области объемного заряда появляется тянущее поле, ряд электронов упорядочены, где отсутствуют неупорядоченные процессы, в результате чего движение электронов возможно объяснить строевыми движениями солдатиков-электронов (Рисунок 3).

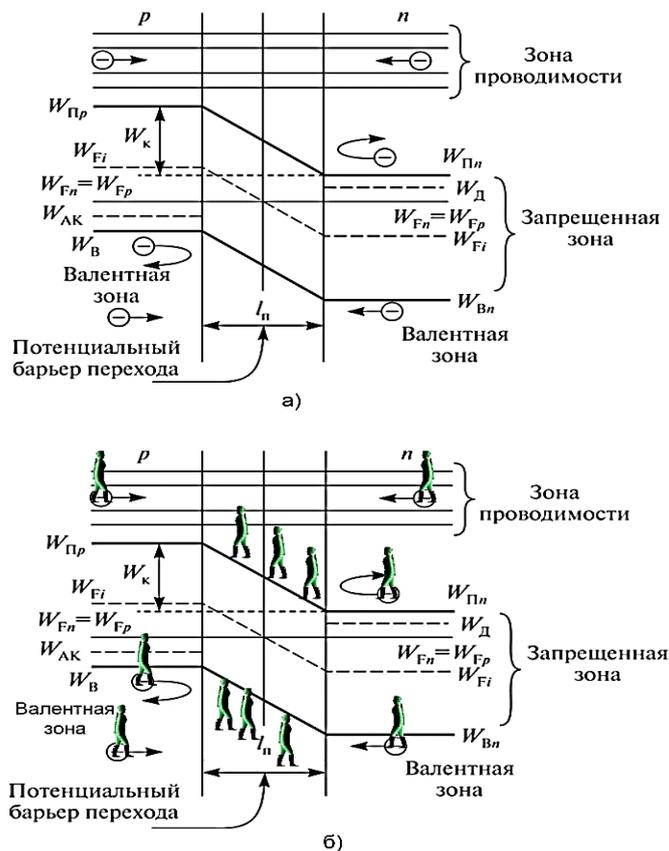


Рисунок 3. Движение электронов около области объемного заряда. а) зонная структура полупроводника с движением электронов, б) поясняющая схема зонной структуры и физики процесса

Ход учебного процесса, согласно нашим ожиданиям, прошел бурно, который сопровождался различными смешными репликами со стороны студентов, в результате чего появилась возможность творческого подхода преподавателя к своей лекционной и практической работе. Самое главное — в обсуждении принимали участие все ученики. Поскольку урок с применением данной педагогической технологии на занятиях физики по изучению полупроводников и альтернативных источников электрической энергии был экспериментально подтвержден стопроцентным привлечением студентов к изучению поставленной тематики, авторы настоящей работы не считают необходимым привести результаты оценки знания студентов по теме. Это еще можно объяснить бесспорной эффективностью проведения уроков в игровой форме.

В заключении можно сделать следующие выводы: проведение лекционных, практических уроков по естественным наукам требует от преподавателя в первую очередь определенное глубокое знание по предмету, инициативность, находчивость, владение навыками умелого сочетания нескольких предметов с жизненными процессами природы и др. Только специалист технического направления и педагог с определенным практическим

опытом в профессионально-технических учебных заведениях способен преподнести истинный смысл изучаемой тематики. В этом плане, к сожалению, специалисты по педагогическим наукам не всегда смогут объяснить суть происходящих событий в принципах работы машин и механизмов, физических и химических явлений. По этой причине целесообразным считается изучение опытов преподавания технических специалистов в вузах страны, освещение широким планом методы преподавания данных специалистов, а также анализ результатов разнообразных способов обучения. Возможно это нетрадиционный подход к обучению учеников, однако, с твердой уверенностью можно надеяться на плодотворность аналогичных методов и способов преподавания.

Список литературы:

1. Евдокимов А. А., Сагадеева Г. А. Подготовка учителей естественных наук в рамках внедрения курса внеурочной деятельности «Альтернативные источники энергии» // Перспективы развития науки в области педагогики и психологии. 2017. С. 50-54.
2. Grundmann M. Physics of semiconductors. Berlin: Springer, 2010. V. 11. P. 401-472.
3. Шалимова К. В. Физика полупроводников. М. 2010.
4. Бонч-Бруевич В. Л. Физика полупроводников. 1990. С. 4-13.
5. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 6 сентябрда «Профессионал таълим тизимини янада такомиллаштиришга доир қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»ги ПФ-5812-сонли Фармони.
6. 2017 йил 20 апрелдаги “Олий таълим тизимини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-2909-сонли Қарори асоси.
7. Гухман А. А. Введение в теорию подобия. М.: Машиностроение, 1973.
8. Туракулов Х. А., Жабборов И. С.. Булажак ўқитувчиларни инновацион фаолиятга тайерланишининг назарий методологик асослари. Мин ВУЗ РУз. 2009.
9. Ландсман А. П., Васильев В. А.. Фотоэлектрические преобразователи. М.,. 1975.
10. Колесникова И. А. Основы технологической культуры педагога. СПб: Дрофа. 2003.
11. Shakhodjaev M. A. Self-education and methods of its organization in the technical branches of education // Scientific Bulletin of Namangan State University. 2020. T. 2. № 6. P. 426-432.
12. Akhmedovich S. M., Rafiqjonovich P. S., Abdukaharovich A. A. Factors of professional training in the system of vocational education (power engineering) // ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal. 2020. V. 10. №10. P. 1238-1241.

References:

1. Evdokimov, A. A., & Sagadeeva, G. A. (2017). Podgotovka uchitelei estestvennykh nauk v ramkakh vnedreniya kursa vneurochnoi deyatel'nosti “Al'ternativnye istochniki energii”. In *Perspektivy razvitiya nauki v oblasti pedagogiki i psikhologii*, 50-54. (in Russian).
2. Grundmann, M. (2010). Physics of semiconductors. Berlin: Springer, 11. 401-472.
3. Shalimova, K. V. (2010). Fizika poluprovodnikov. Moscow. (in Russian).
4. Bonch-Bruevich, V. L. (1990). Fizika poluprovodnikov. 4-13. (in Russian).
5. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 6 сентябрда “Professional ta'lim tizimini yanada takomillashtirishga doir қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида” ги ПФ-5812-сонли Фармони.
6. 2017 йил 20 апрелдаги “Олий та'лим тизимини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-2909-сонли Қарори асоси.
7. Gukhman, A. A. (1973). Vvedenie v teoriyu podobiya. Moscow. (in Russian).

8. Turakulov, Kh. A., & Zhabborov, I. S. (2009). Bulazhak ўqituvchilarni innovatsion faoliyatga taierlanishining nazarii metodologik asoslari. Min VUZ RUz.
9. Landsman, A. P., Vasil'ev, V. A. 1975. Fotoelektricheskie preobrazovateli. Moscow. (in Russian).
10. Kolesnikova, I. A. (2003). Osnovy tekhnologicheskoi kul'tury pedagoga. St. Petersburg. (in Russian).
11. Shakhodzhaev, M. A. (2020). Self-education and methods of its organization in the technical branches of education. *Scientific Bulletin of Namangan State University*, 2(6), 426-432.
12. Akhmedovich, S. M., Rafiqjonovich, P. S., & Abdukaharovich, A. A. (2020). Factors of professional training in the system of vocational education (power engineering). *ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal*, 10(10), 1238-1241.

Работа поступила
в редакцию 08.08.2021 г.

Принята к публикации
12.08.2021 г.

Ссылка для цитирования:

Касимахунова А. М., Шаходжаев М. А. Методика обучения студентов по зонной теории применения метода «Армия электронов» // Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7. №9. С. 535-541. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/70/52>

Cite as (APA):

Kasimakhunova, A., & Shakhodjaev, M. (2021). Teaching Students About Zone Theory Using the “Army of Electrons” Method. *Bulletin of Science and Practice*, 7(9), 535-541. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/70/52>