

*Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург, Россия*

***Аннотация.** Обновление и развитие технологического уклада общества требует определяет необходимость совершенствования предметной подготовки инженерных кадров в области физики наноструктур в части отбора содержания нового предметного материала и методологии его освоения. Инженерные кадры должны обладать фундаментальными знаниями о принципах работы современных устройств нанoeлектроники, что является значимым для их будущей профессиональной деятельности.*

**Ключевые слова:** предметная подготовка; единство фундаментальной и прикладной науки; виртуальные лабораторные работы; научная картина мира

Необходимость совершенствования предметной подготовки инженерных кадров в области физики наноструктур в части отбора содержания нового предметного материала и методологии его освоения определяется уровнем технологического развития современной науки.

Изучение фундаментальных основ физики наноструктур может быть реализовано путем дополнения традиционно осваиваемого предметного материала новым. Предлагаемый методический прием может быть применим как в рамках общего курса физики, который имеет наибольший вес в системе подготовки будущих специалистов, так и в рамках дисциплин профессионального цикла.

Обновление предметного материала дополнительным, относящимся к физике наноструктур, может быть реализовано в рамках лекционных, семинарских, практических, а также лабораторных занятий, в том числе виртуальных. Проведение лабораторных работ по квантовой физике в виртуаль-

ном формате. Позволяет не только просчитать параметры системы, но и получить наглядное представление о физических процессах, происходящих в наноструктурах.

Ключевые фундаментальные положения физики наноструктур интегрируются в предметный материал разделов «Квантовая механика» и «Физика конденсированного состояния». Здесь с помощью моделей квантовой механики вводится понятие размерного квантования, связанное с изменением энергетического спектра структур, при их размерах меньше 100 нм, энергетического спектра примесных центров, а также экситонов в таких структурах [1]. При изучении понятия размерного квантования энергетического спектра в квантово-размерных структурах в рамках курса квантовой механики на лекциях имеет смысл разобрать задачу нахождения электрона в одномерном, двумерном и трехмерном потенциальном ящике.

Получив выражение для одномерного случая, в дальнейшем обучающиеся самостоятельно приходят к выводу о том, что по мере уменьшения размеров потенциального ящика (поперечных размеров полупроводниковых структур) энергетическое расстояние  $\Delta E_n$  между двумя уровнями электронных состояний оказывается сравнимым с тепловой энергией  $kT$  при не очень высоких температурах. Таким образом, они знакомятся с квантово-размерным эффектом дискретизации энергетического спектра электронов в таких структурах. В квантовых ямах, при наличии ограничения движения электрона в направлении размерного квантования при свободном его движении в двух других пространственных направлениях характер энергетического спектра становится дискретно-непрерывным. Особенностью такого спектра является присутствие ему подзоны размерного квантования и закон дисперсии принимает следующий вид:

$$E = \frac{\hbar^2 k_x^2}{2m^*} + \frac{\hbar^2 k_y^2}{2m^*} + E_n.$$

Интеграция содержания нового предметного материала в курс квантовой механики может быть применена при рассмотрении модели Кронига-Пенни, в рамках которой можно определить особенности энергетического спектра электронов в сверхрешетках с присутствием им чередованием квантовых потенциальных ям и барьеров. Анализ модели показывает, что энергетический спектр представляет собой совокупность зон разрешенных (минизоны) и запрещенных значений энергии. В рамках практических занятий объясняются спектральные зависимости коэффициента оптического поглощения в квантово-размерных структурах, изучаются экситонные эффекты, наблюдение которых в таких структурах становится возможным даже при комнатных температурах.

При таком подходе подачи учебного материала обучающиеся наблюдают единство фундаментальной и прикладной науки, что в конечном счете и определяет формирование у них целостной научной картины мира.

#### Список литературы:

1. Гасумянц В.Э. Размерное квантование. Часть 1: учебное пособие. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2010. – 264 с.

V. A. Doronin, O. V. Rymkevich

Training of engineering personnel in the field of nanostructure physics

*Mozhaisky Military Aerospace Academy, Russia*

*Abstract. The renewal and development of the technological structure of society requires determines the need to improve the subject training of engineering personnel in the field of nanostructure physics in terms of selecting the content of new subject material and the methodology of its development. Engineering personnel should have fundamental knowledge about the principles of operation of modern nanoelectronics devices, which is important for their future professional activities.*

**Keywords:** subject training; unity of fundamental and applied science; virtual laboratory work; scientific picture of the world