



UDK 621.382:378

Murodilla NORMURADOV,
Qarshi davlat universiteti professori
E-mail: m.normuradov46@mail.ru ORCID 0000-0003-1771-0853
Gulnoza UZOKOVA,
Qarshi davlat universiteti, professor
Saodat XOLIQULOVA,
Qarshi davlat universiteti tayanch doktoranti

Shahrisabz davlat pedagogika instituti, p.f.d P.Jalolova taqrizi asosida

NANOELEKTRONIKA KURSI MAZMUNINI FANGA OID KOMPETENSIYA TALABLARI ASOSIDA ISHLAB CHIQUISH.

Annotatsiya

Maqolada nanoelektronika kursining mazmuni ishlab chiqish, kursning asosiy tuzilishini aniqlab olishda talabalarda shu kurs bo'yicha fanga oid kompetensiyalar talablari asosida shakllantirish masalasi tahlil qilingan. Nanoelektronika kursini samarali o'qitishda innovatsion ta'lim texnologiyalaridan, simulyatsion, virtual laboratoriyalar, imitatsion modellar va interaktiv platformalardan foydalanish imkoniyatlari va zamonaviy pedagogik yondashuvlar asoslab berilgan. Shuningdek, maqolada nanoelektronika kursi mazmunini kompetensiyaviy yondashuv asosida takomillashtirish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so'zlar: texnologiya, kompetensiya, mikroelektronika, nanoelektronika, tunnel effekti, nanotransistorlar, integral sxemalar, metod.

DEVELOPMENT OF THE NANOELECTRONICS COURSE CONTENT IN ACCORDANCE WITH THE REQUIREMENTS OF SUBJECT-SPECIFIC COMPETENCIES

Annotation

In the article, the issue of developing the content of the nanoelectronics course, defining the main structure of the course based on the requirements of competencies related to the subject in students is analyzed. The possibilities of using innovative educational technologies, simulation, virtual laboratories, imitation models and interactive platforms and modern pedagogical approaches in effective teaching of the nanoelectronics course are substantiated.

Also, in the article, recommendations for improving the content of the nanoelectronics course based on the competency approach have been developed.

Keywords: technology, competence, microelectronics, nanoelectronics, tunnel effect, nanotransistors, integrated circuits, method

РАЗРАБОТКА СОДЕРЖАНИЯ КУРСА НАНОЭЛЕКТРОНИКИ НА УРОВНЕ ТРЕБОВАНИЙ ПРЕДМЕТНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

Аннотация

В статье проанализирован вопрос формирования содержания курса нанoeлектроники, определения основной структуры курса на основе требований к компетенциям, относящимся к данной дисциплине у студентов.

Обоснованы возможности использования инновационных образовательных технологий, симуляционных, виртуальных лабораторий, имитационных моделей и интерактивных платформ и современные педагогические подходы в эффективном обучении курсу нанoeлектроники. Также, в статье разработаны рекомендации по совершенствованию содержания курса нанoeлектроники на основе компетентностного подхода.

Ключевые слова: технология, компетенция, микроэлектроника, нанoeлектроника, туннельный эффект, нанотранзисторы, интегральные схемы, метод.

Kirish. Zamonaviy texnologiyalar rivojlanishi nanoo'lchamli materiallar va qurilmalarning keng joriy etilishi bilan tavsiflanadi. Mikroelektronikadan nanoelektronikaga o'tish jarayoni elektron qurilmalar o'lchamining kichrayishi, kvant effektlarning ustuvor ahamiyat kasb etishi va yangi fizik hodisalarning namoyon bo'lishi bilan izohlanadi.

Nanoelektronika kursi mazmunini oliy ta'lim davlat standartlari talablari doirasida, kompetensiyaviy yondoshuv asosida ishlab chiqish va tizimlashtirish bir nechta muhim pedagogik va amaliy afzalliklarga ega. Kompetensiyaviy yondashuv talabalarga faqat nazariy bilim berish bilan cheklanmaydi. Talabalar nanoelektron qurilmalarni ishlashini o'rganadi, tahlil qiladi, modellashtiradi. Natijada bitiruvchilar ishlab chiqarish va ilmiy faoliyatga tez moslasha oladi. Nanoelektronika fizika, elektronika va yarimo'tkazgichlar fizikasi bilan bog'liq kompetensiyalarning tizimli

shakllantirilishi va shu fanlar o'rtasidagi integratsiyani ta'minlash nuqtai nazaridan ham muhim hamda talabalar fanga oid muammolarni to'liq va tizimli tahlil qilishni o'rganadi [1,4,5].

Mavzuga doir adabiyotlar tahlili. Maqola uchun o'rganilgan adabiyotlarga ushbu mavzuga aloqador ilmiy-tadqiqot ishlarini kiritish mumkin. Zamonaviy ta'lim tizimida nanoelektronika fanini o'qitish ko'plab ilmiy tadqiqotlarda muhim yo'nalish sifatida ko'rib chiqilgan. E.N.Boresenkoning "Нанoeлектроника" o'quv qo'llanmasi, V.N.Lofovskiy va G.S.Konstantinovalarning "Нанотехнология в электронике" Y.L.Parfenova va M.G.Xusainovlarning "Физические основы микро и нанoeлектроники" darsliklari., B.Rojer, J.Adam va S.Pennatur tomonidan yaratilgan "Nanotechnology: Understanding Small Systems" (Nanotexnologiya: kichik tizimlarni tushunish) kitobida nanotexnologiyalarni o'qitishda

amaliy laboratoriya mashg'ulotlari, modellashtirish hamda loyiha asosida o'qitish metodlarining samaradorligi ko'rsatib berilgan va fanga oid kompetensiyalarini shakllantirishga yo'naltirilishi zarurligi ta'kidlanadi [2,3].

Tadqiqot metodologiyasi. Nanoelektronika kursini bakalavr talabalariga o'qitishdan asosiy maqsad – ularni elektronikaning nanomiqyosdagi tamoyillari, nanoelektronikaning nazariy asoslari, nanomiqyosdagi qurilmalarining ishlash mexanizmi va qo'llanilishi, materialshunosligi, texnologiyalari va amaliy qurilmalari haqidagi fundamental bilim bilan tanishtirishdan iborat.

Kursning dolzarbligi:

nanotexnologiyani rivojlantirish: nanoelektronika nanotexnologiyaning asosiy yo'nalishlaridan biri bo'lib, u turli sohalarni (tibbiyot, elektronika, energetika) rivojlantirish uchun zarur bilimlarni shakllantirish nuqtai nazaridan muhim.

yangi imkoniyatlar va tadqiqotlar: nanoelektronikani o'rganish ilmiy tadqiqotlar va amaliy qo'llanmalar uchun yangi imkoniyatlar;

mutaxassislarni tayyorlash: nanotexnologiya va nanoelektronikani rivojlantirish uchun shu soha bo'yicha mutaxassislarni tayyorlash zarurati;

Kursning maqsad va vazifalari:

nanoelektronikaning asosiy tushunchalarini o'rganish: nanoelektronikaning asosiy tushunchalari va qonunlariga kirish, fizik jarayonlarni nano darajada ko'rib chiqish.

nanoelektronika qurilmalarining ishlash tamoyillarini tushunish: nanoelektronik qurilmalarni va ularni turli sohalarda qo'llashni o'rganish.

amaliy ko'nikmalarni rivojlantirish: nanoelektronikaning eksperimental asoslarini o'rganish, zamonaviy asbob-uskunalar va tadqiqot usullaridan

foydalanish. Ilmiy fikrlash ko'nikmalarini shakllantirish: tahlil qilish, sintez qilish, tanqidiy fikrlash, ilmiy muammolarni hal qilish qobiliyatini rivojlantirish.

Kompetensiya – bu shaxsning ma'lum sohada bilim, ko'nikma va malakalarini amaliy faoliyatda qo'llay olish qobiliyatidir. Kompetensiyaviy yondoshuv ta'lim jarayonini natijaga yo'naltirilgan holda tashkil etishni nazarda tutadi. Oliy ta'lim davlat standartlari talablari doirasida nanoelektronika kursi bo'yicha shakllantirilishi zarur bo'lgan fanga oid kompetensiyalar quyidagilardan iborat:

Nanoo'lchamli fizik jarayonlarni tushuntira olish;

Kvant mexanik hodisalarni tahlil qilish;

Tunnel effekti asosida ishlovchi qurilmalar prinsipini izohlash;

Nanoo'lchamli o'lchash usullarini (STM, AFM) tahlil qilish;

Nanoelektron qurilmalarni modellashtirish va amaliy masalalarda qo'llash

Tahlil va natijalar. Ta'lim mazmunini kompetensiya talablari asosida ishlab chiqish talabalarining nanoelektronika kursi bo'yicha chuqur nazariy bilimlarga va amaliy ko'nikmalarga ega bo'lishini ta'minlash bilan birga ijodiy fikrlash, mustaqil tadqiqot olib borish va ilmiy izlanishlar qilish qobiliyatlarini ham rivojlantiradi. Kursni o'qitishda zamonaviy texnologiyalar va interfaol metodlarni qo'llash ta'lim jarayonining samaradorligini oshirishga xizmat qiladi, foydali va ijodiy ta'lim muhitini yaratadi.

Oliy ta'lim tizimida nanoelektronika kursi mazmuni shu kursni o'rganish jarayonida shakllantirilishi zarur bo'lgan fanga oid kompetensiyalar talabi asosida ishlab chiqildi, Quyida nanoelektronika kursi mazmunini va shakllanishi ko'zda tutilgan ta'lim natijalarini namuna sifatida keltiramiz:

№	“NANOELEKTRONIKA” O'QUV KURSI TUZILISHI VA MAZMUNI	TA'LIM NATIJALARI
	Kirish. Nanoelektronika faniga kirish. Nanoelektronikaning asosiy tushunchalari. Mikroelektronikadan nanoelektronikagacha	mikroelektronika va nanoelektronika o'rtasidagi farqni ilmiy asosda tahlil qila olish; nanoelektronikaning asosiy tushunchalari va terminologiyasini to'g'ri qo'llay olish;
	Nanoelektronikaning fizik asoslari. Nanomateriallarda fundamental hodisalar. Kvant chegaralanish. Nanostrukturalarda elektronlar harakati.	kvant chegaralanish hodisasini tushuntira olish; nanostrukturalarda elektronlar harakatining klassik va kvant modellari o'rtasidagi farqni tahlil qila olish;
	Nanoo'lchamli materiallarni hosil qilish metodlari, kichik o'lchamli strukturalar hosil qilish va ularning elementlari. Nanomateriallarni hosil qilishni mexanik usullari. Nanomateriallarni hosil qilishda fizik metodlar: changlantirish, vakuum-kondensatsiya va boshqa texnologiyalar.	mexanik, fizik va vakuum-kondensatsion metodlarni solishtira olish; changlatish va fizik bug'lantirish jarayonlarini izohlash; nanoelementlar hosil qilish texnologiyalarini tanlash mezonlarini asoslay olish; texnologik jarayonlarning afzallik va kamchiliklarini tahlil qila olish.
	Nanostrukturali materiallar hosil qilishning fiziko-kimyoviy asoslari. Nanomateriallarni hosil qilishning nazariy asoslari. Nanomateriallarni hosil qilishda “pastdan yuqoriga” nazariyasi.	“pastdan yuqoriga” (bottom-up) va “yuqoridan pastga” (top-down) yondashuvlarni farqlay olish; nanostruktura shakllanishining fizik-kimyoviy qonuniyatlarini izohlash;
	Nanomateriallarning xossalari, o'lchamlari, bog'liqligi. Nanomateriallarda o'lcham tushun-chasi. Nanostruktura va uning termodinamik xususiyatlari. Nanomateriallarda erish tempera-turasining o'zgarishi.	o'lcham va fizik xossalari o'rtasidagi bog'liqlikni tushuntira olish; nanomateriallarda erish temperaturasining o'zgarishini asoslay olish; sirt energiyasi va termodinamik xususiyatlarni tahlil qila olish;
	Nanoo'lchamli materiallarning struktura tuzilishi. Nanomateriallarning kristall panjarasi, uning o'lchamiga bog'liqligi.	kristall panjara parametrlarining o'lchamga bog'liqligini izohlash; defektlarning nanomaterial xossalari ta'sirini tahlil qila olish;
	Nanoplyonkalarining texnologiyalari. Molekulyar-nurli epitaksiya, yupqa plyonkalarini gazli fazadan kimyoviy yo'l bilan hosil qilish. Zol-Gel texnologiyasi. Yupqa plyonkalarini hosil qilishda hozirgi zamon texnologiyalari. Nanoplyonkalar hosil qilishda ion-plazma changlatish usuli.	molekulyar-nurli epitaksiya jarayonini tushuntira olish; CVD va Zol-Gel texnologiyalarini solishtira olish; ion-plazma changlatish usulining fizik asoslarini izohlash; yupqa plyonka hosil qilish parametrlarini optimallashtira olish.
	Yupqa plyonkalarini olishda electron-nurli mikroskoplarni qo'llash. Atom-kuchlanishli va atom skanlovchi mikroskoplarni qo'llanilishi.	elektron-nurli mikroskoplarning ishlash prinsipini tushuntira olish; AFM va STM qurilmalarini qo'llay olish; olingan tasvirlarni tahlil qila olish;
	Geteroplyonkalar olish texnologiyalari. Kvant nuqtalar hosil qilish texnologiyalari. Nanoplyonkalarining litografiyasi haqida.	geterostruktura hosil qilish mexanizmini izohlash; kvant nuqtalarning energetik xossalari tahlil qila olish; litografiya jarayonini tushuntira olish;
	Yupqa metall va dielektrik plyonka-larning olish texnologiyalari. Kvantli nanostrukturalar. Ionli sintez qilish usullari haqida.	ionli sintez usullarini izohlash; metall va dielektrik plyonkalar texnologiyasini tahlil qila olish; kvantli nanostrukturalarni modellashtira olish;

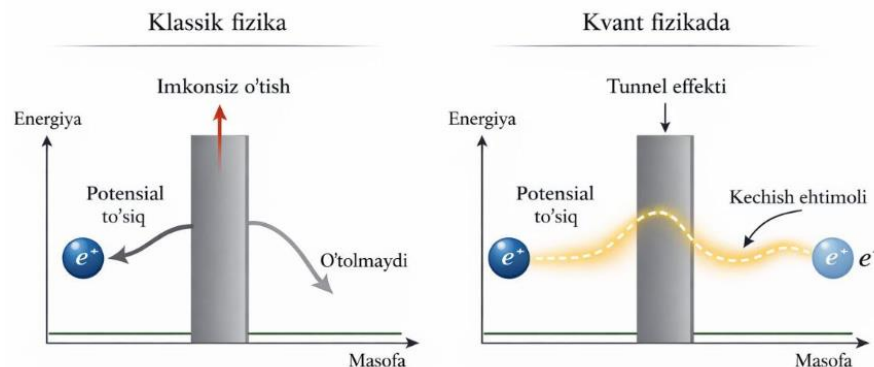
Foton kristall texnologiyalari. Fotonli nanostrukturalar hosil qilish metodlari. Ta'qiqlangan zonalar o'zgarishini nazorat qilish usuli bilan fotonli kristallarni sintez qilish. Nanofotonika. Fotonli tranzistorlar. Spintronika asboblari, Lazerli nanostrukturalar.	foton kristallarning fizik asoslarini tushuntira olish; taqiqlangan zona boshqarilishini izohlash; fotonli tranzistorlar ishlash mexanizmini tahlil qila olish; spintronika qurilmalarining ishlash prinsipini asoslay olish.
Nanoelektronika sohasida qo'llana-digan yarimo'tkazgich materiallar. Yarimo'tkazgich materiallar. Yarimo'tkazgichli elektron strukturalar, geteroo'tishlar, geterostrukturalar va o'ta yuqori kristall panjaralar.	geteroo'tish va geterostrukturalarni tushuntira olish; yarimo'tkazgichli elektron strukturalarni tahlil qila olish; kristall panjara moslashuvini baholay olish;
Uglerod asosidagi nanomateriallar. Olmos asosidagi yupqa plyonkalar, nanotrubkalar, nanosimlar, fullerenlar.	olmos asosidagi plyonkalar xossalarini tahlil qila olish; uglerodli nanosimlarning elektr xossalarini baholay olish;
Magnitli materiallar va polimer nanomateriallar. Magnitli yarimo'tkazgichlar, polimer materiallar. Organik o'tkazgichlar va yarim-o'tkazgichlar.	magnitli yarimo'tkazgichlarni tahlil qila olish; organik o'tkazgich va yarimo'tkazgichlarning xossalarini tushuntira olish;
Nanoelektronikada qo'llaniladigan asboblari va ularning elementlari. Yarimo'tkazgichlarda nanotranzistorli strukturalar. Geterostrukturalar.	nanotranzistorlarning ishlash prinsipini tushuntira olish; geterostrukturalarni tahlil qila olish; yangi materiallar asosidagi tranzistorlarni solishtira olish;

Endi nanofizik nanoelektronikaning fizik asoslarini kompetensiyaviy yondashuv asosida shakllantirish jarayoniga to'xtalamiz. Masalan:

Lui de Broyl qonuni: 1924-yilda Lui de Broil tomonidan taklif qilingan korpuskulyar - to'liq dualizmi quyidagicha. Plank doimiysi h orqali impuls p va zarracha to'liq uzunligi λ bilan bog'liq: $\lambda = \frac{h}{p}$. Bu qonun orqali talaba elektronlarning kvant tabiatini tushunadi va ularda kvant jarayonlarini tushuntirish kompetensiyasi shakllanadi.

Shredinger tenglamasi - bu kvant-mexanik tizimning to'liq funksiyasini boshqaruvchi chiziqli qisman differensial tenglama. Uning kashfiyoti kvant mexanikasining rivojlanishida muhim voqea bo'ldi. 1925-yilda Ervin Shredinger tenglamani asoslab bergan va uni 1926-yilda nashr etgan. 1933-yilda fizika bo'yicha Nobel mukofotiga sazovor bo'lgan.

Vaqtga bog'liq bo'lgan Shredinger tenglamasi:



Tunnel effekti to'siq sohasida zarra energiyalari sochilishi deb tushuntirish mumkin bo'lgan kvant effektidir. Kvant tabiatga ega bo'lgan mikrozarra to'liq energiyasi potensial energiyasidan kichik bo'lsada, uning to'siqdan o'tish ehtimolligi noldan katta zarralarning to'liq xossalariga asoslangan. Bu mavzuni o'rganish talabalarda tunnel diod va nanotranzistor ishlashini tushunishda yordam beradi. Talabalarda nanoqurilmalar ishlash prinsipini tahlil qilish kompetensiyasi shakllanadi.

$$i\hbar \frac{\partial \psi(r,t)}{\partial t} = \left[-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V(r,t) \right] \psi(r,t)$$
 bu yerda m - zarracha massasi, ∇^2 - Laplas operatori (uch o'lchamli fazoda $\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$), $V(r,t)$ - potensial energiya, i - mavhum birlik, \hbar - kamaytirilgan Plank doimiysi ($h/2\pi$), ψ - to'liq funksiyasi (zarracha holatini tavsiflaydi).

Vaqtga bog'liq bo'lmagan (statsionar) tenglama:

$$\hat{H}\psi(r) = E\psi(r)$$
 bu yerda \hat{H} - Gamilton operatori, E - zarrachaning to'liq energiyasi. Xo'sh bu formulani o'rganish talaba nima beradi? Bu formula kvant tizimlarning holatini tavsiflaydi. Talabalar bu mavzuda nanotizimlarda energiya sathlarini hisoblashni o'rganadi, nanotizimlarni nazariy modellashtirish ko'nikmasiga ega bo'ladi [5,6,8,9].

Tunnel effekti - mikrozarra (elektron, atom va boshqalar) ning potensial to'siq (zarra to'liq energiyasi uning to'liq energiyasidan katta bo'lgan soha) dan o'tish hodisasi.

Xulosa va takliflar. Maqolada nanoelektronika kursi mazmunini kompetensiyaviy yondashuv asosida ishlab chiqilganligi bayon etildi. Tadqiqot natijasida nanoelektronika kursining asosiy tushunchalarini kompetensiyaviy yondashuv asosida o'rganish tizimlashtirildi. Shuningdek, nanoelektronika kursi mazmunini kompetensiyaviy yondashuv asosida tizimlashtirish talabalarining nazariy bilimlari bilan bir qatorda amaliy va tadqiqot ko'nikmalarini rivojlantirishga va zamonaviy texnologiyalar bilan ishlay oladigan raqobatbardosh mutaxassislarni tayyorlashga xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR

1. Normurodov M.T., Jo'rayev A.X. Fizika fani rivojida nanotexnologiyalar o'rni. "Ta'lim fan va innovatsiya" jurnali - 2019 3-son.
2. Rogers, B., Adams, J., & Pennathur, S. (2014). Nanotechnology: Understanding Small Systems (2nd ed.). CRC Press.
3. Beane, J.A. (1997). Curriculum Integration: Designing the Core of Democratic Education. Teachers College Press.
4. Хомский Д. Нанотехнологии: принципы и применение. - Москва: Техносфера, 2016.
5. Qodirov A., To'xtayev B. Nanotexnologiya asoslari. - Toshkent: Oliy ta'lim nashriyoti, 2020.
6. Jo'rayev R., Sodiqov Q. Zamonaviy ta'limda fanlararo integratsiya metodologiyasi. - Toshkent, 2019.
7. Ishmuhamedov R. Ta'limda innovatsion pedagogik texnologiyalar. - Toshkent: Fan va texnologiya, 2017.

8. M.Jo'rayev "Fizika o'qitish metodikasi" Toshkent-2015. 283b.
9. Karlibayeva Guljaxan Ermekbayevna "Fizika o'qitish metodikasi fanining samaradorligini oshirish yo'llari" Toshkent - 2014, 80 b.
10. Chizmeshya A.V.G., Drucker J., Sharma R., Carpenter R.W.(2006) Real time nanostructure imaging for teaching nanoscience, and nanotechnology. Boston, MA: Material Research Society (0931-KK03-07)