



UDK: 378.048.2

O'ral XUSHVAQTOV,
Toshkent davlat pedagogika universiteti o'qituvchisi
<https://orcid.org/0009-0008-6173-3685>
E-mail: ural_xushvaqtoV@mail.ru,

Chirchiq davlat pedagogika universiteti, p.f.f.d., PhD A.Tillaboyev taqrizi asosida

UMUMIY O'RTA TA'LIM MAKTABLARIDA QATTIQ JISMLAR FIZIKASINING RIVOJLANISH METODOLOGIYASI METODOLOGIK ASOSLARI

Аннотация

Mazkur maqolada umumiy o'rta ta'lim maktablarida qattiq jismlar fizikasining paydo bo'lishi, rivojlanishi va asosiy nazariyalari bayon etilgan. Bundan tashqari, Respublikamizda ushbu soha bo'yicha qilingan va qilinayotgan tadqiqot ishlari bo'yicha qisqacha ma'lumotlar keltirilgan.

Kalit so'zlar: qattiq jism, fizika, nazariya, metodologiya, fizik bilimlar, fizik xossalar, umumiy o'rta ta'lim, moddalar, gipoteza.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДИКИ РАЗВИТИЯ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ШКОЛАХ

Аннотация

В этой статье описывается возникновение, развитие и основные теории физики твердого тела в средних общеобразовательных школах. Кроме того, в нашей республике представлены краткие сведения о проделанной и проводимой исследовательской работе в данной области.

Ключевые слова: твердое тело, физика, теория, методология, физические знания, физические свойства, общее среднее образование, вещества, гипотеза.

METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF THE METHODOLOGY FOR THE DEVELOPMENT OF SOLID STATE PHYSICS IN GENERAL EDUCATION SCHOOLS

Annotation

This article describes the emergence, development and basic theories of solid state physics in secondary schools. In addition, brief information on the research work done and ongoing in this area is presented in our republic.

Keywords: solid, physics, theory, methodology, physical knowledge, physical properties, general secondary education, substances, hypothesis.

Kirish. Umumiy o'rta ta'lim maktablari va o'rta maxsus ta'lim tizimida molekulyar – kinetik nazariya (MKN) ning asosiy uchta qonuni o'rganiladi. Bularga a) moddalar zarrachalardan tashkil topgan qonuni - bu atomizm g'oyasidir, b) Zarrachalar tartibsiz xotik harakat qiladi – bu xossa statistik metod g'oyalari, c) bu zarrachalar har doim bir-biri bilan o'zaro ta'sirlashadilar. Yana uzluksiz ta'lim tizimida moddalarning tuzilishi hamda harakatini va boshqa fizik parametrlarini tadqiq qiluvchi nazariyalardan biri klassik elektron nazariyadir. Bu nazariya orqali ta'lim tizimining har bir bosqichida moddalarning tuzilishi, issiqlik o'tkazuvchanligi, elektr o'tkazuvchanligi, moddalarda to'lqin hodisalari, magnit xossalari kabi hodisa va jarayonlar o'rganiladi. Klassik nazariya soddalagi va tushunariligi bilan ajralib tursada uni har doim ham qo'llab bo'lmaydi, chunki yuqorida aytilgan fikrlar ma'lum bir temperaturalardagina o'rinli ekanligi bizga ma'lum. Moddalardagi, ayniqsa qattiq jismlardagi fizik jarayonlarni o'rganuvchi mukammal nazariya bu kvant nazariyadir. "Kvant nazariya XX asrning boshlarida paydo bo'lgan. Hozirgi davrga qadar zamonaviy fizika va texnika rivojlanishining asosi hisoblanadi, chunki kvant nazariya klassik nazariyani rad qilmaydi balki uning kamchiligini to'ldiradi"[1].

Metodologiya tushunchasi – faoliyatda qo'llaniladigan ma'lum usullar tizimi (fanda, siyosatda, san'atda va h.k.) va tizim haqidagi ta'limot yoki metod nazariyasi. Metodologiya faqat metodlarni emas, balki tadqiqotni ta'minlovchi boshqa vositalarni ham o'rganadi.

Ixtiyoriy fanning asosi metodologiyadir. Metodologiya termini orqali faoliyatning metodlari, strukturasi, mantiqiy shakllanishi va vositalarini o'rgatuvchi ta'limot tushuniladi.

Metodologiya – o'rganilayotgan masalani xususiyatlarini e'tiborga olgan holda tadqiqot metodlarini tanlash va qo'llash imkonini yaratib beruvchi fandır.

Adabiyotlar tahlili. Nazariy va metodologik darajadagi ta'lim mazmuni muammosi taniqli didaktlari (V.V. Davidov, L.V. Zankov, L.Ya. Zorina, B.C. Lednev, I.Ya. Lerner, V.V. Kraevskiy, D.B. Elkonin va boshqalar) va metodistlar (G.M. Golin, N.S.Purishcheva va boshqalar). An'anaga ko'ra, metodologik bilimlar ta'lim mazmunida ikki ma'noda ishlatilgan: "bilim haqidagi bilim" va bilish metodlari, asosan, xususiy ilmiy va umumiy ilmiy bilimlar. L.Ya. Zorina fikriga ko'ra metodologik bilimlar qatoriga kiradi: umumiy ilmiy atamalar, bilim tuzilishi haqidagi bilimlar, ilmiy bilish usullari haqidagi bilimlar.

"Har qanday o'quv fani turli xil maqsadlarni amalga oshirishga imkon beradi. Biroq, har bir o'quv fanida yetakchi funktsiya ajralib turadi - u o'quv dasturiga kiritilgan asosiy maqsad hisoblanadi. Ushbu funktsiya fanning yetakchi tarkibiy qismini belgilashni o'z ichiga oladi. O'quv fanlari ularning yetakchi komponenti turiga qarab uchta guruhni tashkil qiladi:

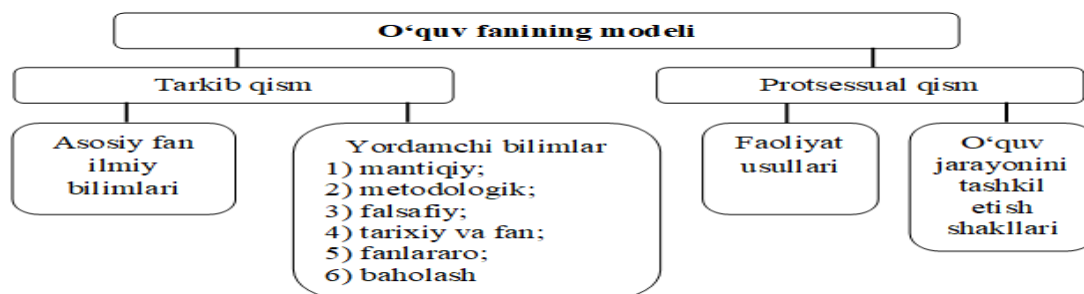
- 1) fan ilmiy bilimlari (fizika, kimyo, geografiya va boshqalar);
- 2) faoliyat usullari (chet tili, chizmachilik, mehnat va boshqalar);

3) aniq, masalan, majoziy, dunyoni ko'rish (tasviriy san'at, musiqa va boshqalar)" [2].

Fizika fanida qattiq jismlar fizikasiga oid ilmiy bilimlar yoki fanlarning asoslari yetakchi tarkibiy qism

hisoblanadi, shuning uchun ushbu fanning yetakchi vazifasi o'quvchilarda ilmiy bilimlar tizimini shakllantirishdir.

"Fan ilmiy bilimlari" yetakchi tarkibiy qismiga ega bo'lgan fan modeli 1-sxemada keltirilgan.



1-sxema. Darsni tashkil etish modeli

1-sxemadan ko'rinib turibdiki, tarkibiy blok ma'lum bir tarzda tuzilgan fan ilmiy bilimlaridan iborat.

Ta'lim mazmuni nazariyasida "ta'lim mazmuni birligi" atamasi kiritiladi, bu uning shakllanishining har bir darajasida tarkibning tuzilishi uchun muhim bo'lgan ilmiy bilimning elementi sifatida tushuniladi. Mazmuning asosiy birliklari tarkibning yetakchi tarkibiy qismining elementlari hisoblanadi. "Ilmiy bilimlar"ning yetakchi tarkibiy qismiga ega bo'lgan o'quv fanlarida ilmiy nazariyalar, qonunlar, tushunchalar tizimlari, ilmiy metodlari, faktlar mavjud. Ular bunday ob'ektlarning (qattiq jismlar fizikasi) mazmuniga to'g'ridan-to'g'ri bilim tizimi shaklida kiritiladi.

XVIII asrda mineralogistlar tomonidan muhim kashfiyot qilingan. Ma'lum bo'lishicha, har qanday kristall yuzining fazodagi o'rnini belgilovchi indekslar mohiyatan butun sonlardir. Gayoki buni kosmosda vaqti-vaqti bilan takrorlanadigan qatorlarda bir xil zarralarning joylashishi bilan izohlash mumkinligini ko'rsatdi. 1824-yilda frayburglik Siyeber kristallarning yelemantar komponentlari ("g'ishtchalar", atomlar) kichik sferalardir, deb taklif qildi. U kristall panjaraning bir xil atomlar tizimining barqaror muvozanat holati bo'lishi uchun zarur bo'lgan atomlar orasidagi jozibali va itaruvchi kuchlarni ham hisobga olgan holda interatomik kuchning yempirik qonunini taklif qildi.

Fanlararo bilimlar-bu ushbu fanning yetakchi tarkibiy qismiga xizmat ko'rsatish uchun jalb qilingan turli xil o'quv fanlaridan olingan bilimlar. Fizika fanining "Qattiq jismlar fizikasi"ga oid mavzulari uchun fanlararo bilimlar, birinchi navbatda, fanlarning tabiiy fanlar sikli haqidagi bilimlarni o'z ichiga oladi. Ular asosan fizika fani bilan umumiy ob'ekt va tadqiqot metodlariga ega bo'ladi. Shu bilan birga, o'qitish jarayoniga qarab, fizika fanining qattiq jismlar fizikasiga oid mavzularda ham, texnika fanlarinina mavzularida ham qo'llaniladigan bilimlar fanlararo bo'lishi mumkin yoki fizika fanining qattiq jismlar fizikasiga oid mavzulari va matematikani o'rganishga kiritilgan. Fanlararo tushunchalarga misollar: atom, molekula, modda tuzilishi, kristall jismlar, amorf jismlar, erish va qotish, koordinata, kub shakli, hajm, harakat, qattiq jism tuzilishi, shuningdek, prujina, cho'zilish, egilish, siljish, energiyaning saqlanish qonuni, atomlarning elektron orbitalarini to'ldirish qoidasi va boshqalar kiradi.

Fizika fanining qattiq jismlar fizikasiga oid mavzularni o'qitish nazariyasi va metodologiyasidagi metodologik bilimlar majmuasi: kuchli bilimlar majmuasi elementlarining xususiyatlarini va pedagogika va nazariya va metodologiyada mavjud bo'lgan metodologik bilimlarni tuzishda fizikani o'qitish yondashuvlarini batafsil ko'rib chiqaylik.

Tarixiy va ilmiy bilimlar – bu bilimlar, nazariyalar, g'oyalar, tushunchalar va aniq kashfiyotlar yo'llari evolyutsiyasini ko'rsatadigan bilimlar. Ushbu bilimlar mohiyatan fizika va fizika metodologiyasining shakllanishi va

riyojlanishini aks ettiradi. Biroq, ular mazmunan aniqroq va zamonaviy fizika tomonidan inkor etiladigan tushunchalar va g'oyalarni o'z ichiga olishi kerak, masalan, issiqlik va dunyo efiri tushunchalari, dunyoning mexanik tasviri.

XVIII asrda mineralogistlar tomonidan muhim kashfiyot qilingan. Ma'lum bo'lishicha, har qanday kristall yuzining fazodagi o'rnini belgilovchi indekslar mohiyatan butun sonlardir. Gayoki buni kosmosda vaqti-vaqti bilan takrorlanadigan qatorlarda bir xil zarralarning joylashishi bilan izohlash mumkinligini ko'rsatdi. 1824-yilda frayburglik Siyeber kristallarning yelemantar komponentlari ("g'ishtchalar", atomlar) kichik sferalardir, deb taklif qildi. U kristall panjaraning bir xil atomlar tizimining barqaror muvozanat holati bo'lishi uchun zarur bo'lgan atomlar orasidagi jozibali va itaruvchi kuchlarni ham hisobga olgan holda interatomik kuchning yempirik qonunini taklif qildi.

Fanlararo bilimlar-bu ushbu fanning yetakchi tarkibiy qismiga xizmat ko'rsatish uchun jalb qilingan turli xil o'quv fanlaridan olingan bilimlar. Fizika fanining "Qattiq jismlar fizikasi"ga oid mavzulari uchun fanlararo bilimlar, birinchi navbatda, fanlarning tabiiy fanlar sikli haqidagi bilimlarni o'z ichiga oladi. Ular asosan fizika fani bilan umumiy ob'ekt va tadqiqot metodlariga ega bo'ladi. Shu bilan birga, o'qitish jarayoniga qarab, fizika fanining qattiq jismlar fizikasiga oid mavzularda ham, texnika fanlarinina mavzularida ham qo'llaniladigan bilimlar fanlararo bo'lishi mumkin yoki fizika fanining qattiq jismlar fizikasiga oid mavzulari va matematikani o'rganishga kiritilgan. Fanlararo tushunchalarga misollar: atom, molekula, modda tuzilishi, kristall jismlar, amorf jismlar, erish va qotish, koordinata, kub shakli, hajm, harakat, qattiq jism tuzilishi, shuningdek, prujina, cho'zilish, egilish, siljish, energiyaning saqlanish qonuni, atomlarning elektron orbitalarini to'ldirish qoidasi va boshqalar kiradi.

"Baholash bilimlari – bu darsda sub'ektning ob'ektga bo'lgan shaxsiy munosabatini kognitiv bo'lmagan shaklda belgilaydigan bilimdir". Ushbu bilim qiymat tushunchasi bilan bog'liq, ya'ni ob'ektning shaxs va jamiyat uchun ahamiyati. Baholash bilimlari asosan maktab o'quvchilarining hissiy va motivatsion sohasini tarbiyalashga xizmat qiladi.

Axloqiy va qimmatli obyektlar orasida, xususan, haqiqatga munosabat inson mavjudligining ustuvor qiymati sifatida, har qanday bilimlarning mohiyatini tushunish, raqibning fikrini hurmat qilish, ularning harakatlari natijalari uchun javobgarlik, estetik tajribasining go'zallik tajribalari, insonning bilim olish qobiliyatlari, haqiqiy yechimlar deb nomlangan[3]. O'quvchilar orasida, xususan, reallikka munosabat inson mavjudligining ustuvor qiymati sifatida, har qanday bilimlarning mohiyatini tushunish, boshqa o'quvchilarning fikrini hurmat qilish, ularning harakatlari natijalari uchun javobgarlik, qattiq jismlarning tashqi

ko'rinishi, ichki tuzilishi, mexanik xossalari, Guk qonuni va boshqalarni plakatlar, taqdimotlar, animatsiyalar, videoroliklar, virtual laboratoriyalar va boshqa elaktron resurslar hamda mavzularga doir tajribalar yordamida o'quvchilarning bilim olish qobiliyatlari, real yechimlar olish, tahlil qilish va xulosalar chiqish ko'nikmalari shklanadi. Yuqoridagi barcha bilimlar bir vaqtning o'zida metodologik bilimlarga tegishli hisoblanadi.

Tadqiqot metodologiyasi. Tadqiqot metodlarini tizimlashtirishni, kundalik va ilmiy bilimlarni olish uchun faoliyatning barcha sohalarida qo'llaniladigan metodlarni barcha umumiy darajaga kiritildi. Bundan tashqari, ilmiy bilimlarda qo'llaniladigan metodlarni (empirik va nazariy bilimlarni yaratish metodlari) va tor sohada yoki bitta fanda

qo'llaniladigan usul va metodlarni quyidagicha nomlanadi: kalorimetrik metod, rentgen strukturasi tahlil qilish va boshqalar.

Pedagogika va fizika fanining qattiq jismlar fizikasi mazmunini o'qitish metodikasida eng keng tarqalgani 3-diagrammada keltirilgan metodologik bilimlar majmuasidir.

Bunday kompleks ilmiy metodologik bilimlar darajasini hisobga olgan holda tuzilgan, ammo uning alohida elementlarini to'ldirish e'tirozga sabab bo'ladi. Birinchidan, mantiqiy va epistemologik bilimlarning metodologiyaning umumiy ilmiy darajasiga bog'liqligi. Yuqorida ko'rsatilgandek, ular falsafiy metodologiyaning amaliy jihatlarini, ya'ni metodologiyaning universal darajasiga tegishli.



2-sxema. Uslubiy bilimlar majmuasi

Umumiy o'rta talim maktab fizika fanining qattiq jismlar fizikasi mazmunida metodologik ilmiy bilimlarni aks ettirishda ustunlik metodologiyaning umumiy ilmiy darajasiga bog'liq hisoblanadi. Bu ma'lum bir metodologiya darajasidagi bilimlarni barcha fanlarda qo'llash kengligi bilan asoslanadi. Metodologiyaning barcha umumiy darajasi o'quvchilarning yosh imkoniyatlari cheklanganligi sababli fizika fanida 11-sinfgacha taqdim etilishi mumkin emas. Maktab fizikasi fanida metodologiyaning xususiy ilmiy darajasini aks ettirish maqsadga muvofiq emas, chunki uni o'zlashtirish o'quvchilarning haddan tashqari yuklanishiga olib kelishi mumkin.

Umumiy o'rta ta'lim maktablari va o'rta maxsus ta'lim tizimida molekulyar – kinetik nazariya (MKN) ning asosiy uchta qonuni o'rganiladi. Bularga a) moddalar zarrachalardan tashkil topgan qonuni - bu atomizm g'oyasidir, b) Zarrachalar tartibsiz xotik harakat qiladi – bu xossa statistik metod g'oyalaridir, s) bu zarrachalar har doim bir-biri bilan o'zaro ta'sirlashadi. Oliy ta'lim muassasalarida MKN ning yuqoridagi uchta qoidasiga yana qo'shimcha ikkita xossa qo'shiladi ya'ni, d) Moddani tashkil etgan zarrachalar orasida har doim bo'shliq mavjud, ye) bu zarrachalar bir biri bilan elastik to'qnashadi. Yana uzluksiz ta'lim tizimida moddalarning tuzilishi hamda harakatini va boshqa fizik parametrlarini tadqiq qiluvchi nazariyalardan biri klassik elektron nazariyadir. Bu nazariya orqali ta'lim tizimining har bir bosqichida moddalarning tuzilishi, issiqlik o'tkazuvchanligi, elektr o'tkazuvchanligi, moddalarda to'liq hodisalari, magnit xossalari kabi hodisa va jarayonlar o'rganiladi. Klassik nazariya soddaligi va tushunarligi bilan ajralib tursada uni har doim ham qo'llab bo'lmaydi, chunki yuqorida aytilgan fikrlar ma'lum bir temperaturalardagina o'rinni ekanligi bizga ma'lum. Moddalardagi, ayniqsa qattiq jismlardagi fizik jarayonlarni o'rganuvchi mukammal nazariya bu kvant nazariyadir. Kvant nazariya XX asrning boshlarida paydo bo'lgan. Hozirgi davrga qadar zamonaviy fizika va texnika rivojlanishining asosi hisoblanadi, chunki kvant nazariya klassik nazariyani rad qilmaydi balki uning kamchiligini to'ldiradi[4].

Modda holatlarining o'rganilishi bo'yicha qattiq jismlarning xossalari nisbatan ko'p o'rganilgan va keng ko'lamda o'rganilmoqda. Lekin uning amaliy ahamiyatga ega ekanligiga ta'liqli fikrlar ko'pligiga qaramasdan hali oxiriga yetmagan.

Qattiq jismlarning fizik xossalari o'rganilish tarixi 1675 – yilda buyuk I. Nyutonning yorug'likning dispersiyasini uchburchakli prizmada o'rganilganligi bilan boshlanadi. Bu fizika tarixida qattiq jismlarning optik xossalari o'rganuvchi birinchi tajriba yoki qonun sifatida "Qattiq jismlar fizikasi" tarixini boshlab berdi. Oradan uch yil o'tib 1679-yilda R.Guk o'zining qattiq jismlarning deformatsiyalari yoki elastiklik kuchi o'rganilganidan keyin ularning mexanik xossalari o'rganish boshlangan. Qattiq jismlarning asosiy parametrlardan biri bo'lgan elastiklik moduli ya'ni deformatsiyalanganda hosil bo'luvchi mexanik kuchlanishni ingliz olimi Tomas Yung kashf qildi. Hozirgacha bu kashfiyot Yung moduli deya ta'riflanadi va uzluksiz ta'limning har bir bosqichida o'rganiladi[5].

Qattiq jismlarning termodinamik xossalari o'rganilish tarixi esa XIX asrning boshlarida P.Dyulong va A.Pti qattiq moddalarning issiqlik o'tkazuvchanligini o'rganish bilan boshlandi. Bu hodisa fizikada Dyulong-Pti qonuni bilan mashhurdir. Qattiq jismlar fizikasining rivojlanishiga ulkan xissa qo'shgan yana bir tadqiqotlardan biri O.Brave tomonidan kristallardagi atomlarning joylashishini o'rganishidir. Brave panjaralari deb nomlangan bu tadqiqot hozirgi zamonaviy fizikada o'z o'rniga ega. A.Eynshteyn tomonidan qattiq jismlarda issiqlik o'tkazuvchanlikning kvant nazariyasining yaratilishi, fandagi ba'zi noaniqliklarga aniq javob bergan.

Tahlil va natijalar. Umumta'lim maktabi o'quvchilariga Buyuk nemis fiziki va injeneri Georg Om tomonidan elektr tokining miqdoriy qonunlarining yaratilishi qattiq jismlarning elektr xossalari o'chib berdi. Tez orada qattiq jismlar elektr xossalari ko'ra uch xil turga, metallar yoki o'tkazgichlar, yarim o'tkazgichlar va o'tkazmovchilar yoki dielektriklarga ajralishi ma'lum bo'ldi. Ayniqsa, qattiq jismlarning issiqlik o'tkazuvchanligi ularning elektr o'tkazuvchanligi bilan bog'liqlik qonuni Videman va Frans

tomonidan yaratilishi fanning rivojlanishiga katta xissa qo'shgan. Hozirgi davrgacha qattiq jismlarning elektr xossalari ayniqsa, yarimo'tkazgichlarning xususiyatlari, metall –dielektrik va yarim o'tkazgichlarning sirtiy hodisalarini o'rganish dolzarb muammolardan biri sifatida hisoblanib kelinmoqda.

Respublikamiz ilmiy tadqiqot maskanlarida ham qattiq jismlar fizikasiga oid e'tiborga molik bir qancha ishlar qilingan. Masalan, polimerlar fizikasi va kimyosi institutida akademik S.Rashidova rahbarligida polimer qattiq jismlar bo'yicha katta natijalar olingan bo'lsa, Fizika va texnika instituti olimlari akademik M.S.Saidov boshchiligida yarim o'tkazgichlar fizikasi va quyosh elementlari bo'yicha jahonshumul natijalarga erishishgan.

Xulosa va takliflar. Umumiy o'rta ta'lim maktablarida fizika fanining qattiq jismlar fizikasiga oid mavzularni o'qitish nazariyasi va metodologiyasida metodologik bilimlarni tizimlashtirish turli darajadagi asoslardan foydalangan holda amalga oshirildi. Metodologik bilimlar qattiq jismlar fizikasiga oid barcha tanlangan shakllarda kiradi: matn va matn bo'lmagan komponentlar va

o'quvchilar faoliyatini tashkil qilish uchun ishlatiladi. Fizika fanining qattiq jismlar fizikasiga oid mavzularni o'rganish oxirida o'quvchilar butun tizim - tizimli metodologik bilimlar to'g'risida bilimlarni shakllantiradilar. Qattiq jismlar fizikasiga oid metodologik bilimlarning ayrim turlarini rivojlantirish uchun o'ziga xos fizik material dars jarayoniga kiritiladi, shunda birinchi navbatda ilmiy bilimlarini taqdim etish mantig'i kuzatiladi. Tizimli metodologik bilimlar bilan bir qatorda, ushbu metodika tizimli qattiq jismlar fizikasiga oid bilim va metodologik ko'nikmalarni shakllantirishga xizmat qiladi. Qattiq jismlar fizikasi zamonaviy fizikada o'ziga xos alohida o'rin egallab ilmiy – texnik revolyutsiyada muxim o'rin egallab fizikaning gurkirab rivojlanayotgan bo'limini tashkil qiladi. Qattiq jismlar fizikasi bo'yicha hozirgacha echimi topilmagan masalalar anchagina hisoblanadi. Bu sohada talaygina ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Yangi qilinayotgan ishlar bilan o'quvchilarni dars davomida tanishtirib borilsa, ularning fizika fani va qattiq jismlar fizikasiga oid tushunchalarni o'rganishga doir qiziqishlari va ilmiy kompetensiyalarining oshishiga xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR

1. Джораев М. “Физика ўқитиш методикаси (умумий масалалар)” – Тошкент: Абу Матбуот Консалт, 2015. – 280 б.
2. Зорина Л.Я. Дидактические аспекты естественнонаучного образования: Монография. - М.: РАО, 1993. -163 с.
3. Кузнецова Л.Н., Кузнецов М.Е. Личностно-ориентированное обучение: Молекулярная физика и основы термодинамики в школе. - Новокузнецк: ИПК, 1998.-188 с.
4. М. И. Каганов, В. Я. Френкель. - М. : Знание, 1981. - 64 с
5. Э.К.Каландаров, Қаттиқ жисмлар физикасининг методологик асослари: Физика, математика ва информатика журнали. № 4. –Тошкент. Б.80-85.