

К. Бисембаев¹, А.М. Боранбекова¹

¹Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

ПЕДАГОГИКАЛЫҚ ЖОО-да ФИЗИКА ПӘНІН ОҚЫТУДА МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛДЕУДІ ҚОЛДАНУДЫҢ ҚҰЗІРЕТТІЛІКТЕРІ

Аңдатпа

Осы мақаланың мақсаты – математикалық моделдеуді қолдану арқылы физика мамандығының студенттерін кәсіби бағытталған дайындығын жүзеге асыру үшін қазіргі заманғы бірқатар мәселелер мен әдістерді ашып көрсету. Болашақ физика мұғалімдерін мұғалімдік қызметте математикалық моделдеуді қолданудың әдістері ұсынылады. Сонымен қатар физикалық есептерді шешуде математикалық моделдеуді қолдануға студенттерді дайындаудың нақты әдістемесінің сипаттамасы келтірілген. Математикалық моделдеу соңғы жылда өзіндік объектілерді зерттеу әдістері бар білімнің жеке саласына айналып келе жатыр. Сондықтан, математикалық моделдеуді оқып үйрену, оны физика-механикалық процесстерді зерттеуге қолдана білу және мектеп оқушылары мен студенттерге оқыту маңызды мәселелердің бірі болып отыр. Студенттер математикалық модел арқылы нақты әлемнің немесе физикалық құбылысты, нысандарды сипаттаудың математикалық аппаратын үйренеді.

Түйін сөздер: математикалық моделдеу, әдістеме, пәнаралық байланыс, кәсіби қызмет, құзіреттілік.

Аннотация

К. Бисембаев¹, А.М. Боранбекова¹

¹ Казахский национальный педагогический университет им. Абая, г. Алматы, Казахстан

КОМПЕТЕНЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ ФИЗИКА В ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ВУЗ-ах

Цель данной статьи раскрыть ряд современных проблем и методов для осуществления профессиональной ориентированной подготовки студентов специальности физика с использованием математического моделирования. Будущим учителям физики предлагаются методы применения математического моделирования в преподавательской деятельности. Также приводится описание конкретной методики подготовки студентов к использованию математического моделирования при решении физических задач. Математическое моделирование в последние годы становится отдельной отраслью знаний, имеющей методы исследования собственных объектов. Поэтому изучение математического моделирования, умение использовать его в исследовании физико-механических процессов и обучение школьников и студентов является одной из важных проблем. С помощью математической модели студенты изучают математический аппарат описания объектов, физического явления или реального мира.

Ключевые слова: математическое моделирование, методика, межпредметная связь, профессиональная деятельность, компетентность.

Abstract

METHODS OF TEACHING MATHEMATICAL MODELING TO STUDENTS OF THE PEDAGOGICAL INSTITUTES

Bisembayev K.¹, Boranbekova A.M.¹

¹ Abai Kazakh national pedagogical university, Almaty, Kazakhstan

The purpose of this article is to reveal a number of modern problems and methods for the implementation of professional oriented training of students of the specialty physics using mathematical modeling. Future physics teachers are offered methods of applying mathematical modeling in teaching activities. It also describes a specific method of preparing students to use mathematical modeling in solving physical problems. In recent years, mathematical modeling has become a separate branch of knowledge that has methods for studying its own objects. Therefore, the study of mathematical modeling, the ability to use it in the study of physical and mechanical processes and the training of schoolchildren and students is one of the important problems. Using a mathematical model, students learn the mathematical apparatus for describing objects, physical phenomena, or the real world.

Keywords: mathematical modeling, methodology, inter-subject communication, professional activity, competence.

Кіріспе

2020 жылдан бастап жүзеге асырылып жатқан «Педагог мәртебесі» заң жобасында ұстаздарға көптеген жаңашылдық қарастырылған. Осы Заң педагог мәртебесін айқындайды, педагогтің құқықтарын, әлеуметтік кепілдіктерін және шектеулерін, міндеттері мен жауапкершілігін белгілейді [1]. Осыған байланысты қазіргі білім беру жүйесіне енгізіліп жатқан өзгерістер болашақ педагог маманнан үздіксіз кәсіби өсуді, білім беру мақсаттарында біліктілікті арттыруды талап етеді. Қазіргі уақытта физиканы оқыту тек білімді меңгертудегі қадам емес, сонымен қатар студенттердің танымдық және шығармашылық қабілетін дамыту құралы болуы тиіс. Бұл орайда бізге математикалық моделдеу көмекке келеді. Себебі, қандай да бір физикалық құбылысты математикалық моделдеу кезінде математикалық модел өзара логикалық байланысқан математикалық өрнектер жиынтығы болып табылады. Көптеген ғылыми зерттеу әдістерінің ішінде математикалық моделдеу ерекше орын алады.

Математикалық моделдеудің (бұдан ары қарай математикалық моделдеу қысқаша ММ) келесідей ерекшеліктерін атап өтуге болады:

- ММ зерттеудің дәстүрлі классикалық әдістерін толықтырады;
- ММ табиғи эксперименттермен қатар, экспериментті дұрыс түсінуге мүмкіндік береді;
- өлшеу нәтижелерін нақтылауға ықпал етеді;
- табиғи эксперимент нәтижесінде зерттеуге мүлдем қол жетпейтін процестер туралы ақпарат алуға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, студенттерді математикалық моделдеуге үйрету арқылы, олардың математикалық білім деңгейін анықтауға мүмкіндік береді. Студенттердің математикалық іс-әрекетін дамытудың ең тиімді құралдарының бірі, есептерді шығару арқылы оқыту болып табылады. Математика пәнін оқытуда тапсырмаларды қолдану мәселесіне көп көңіл бөлінген. В.Н. Ашихмин, П.В. Трусов және т. б. еңбектерінде есептерді шешу білім алушыларда математиканы оқыту процесінде математикалық білім мен қызмет тәсілдерін қалыптастырудың маңызды құралы болып табылатынын айтады [2]. А.А. Исахов моделдеу қоршаған ортаны тануға, онда болып жатқан процестерді егжей-тегжейлі зерттеуге мүмкіндік береді, өйткені табиғи эксперимент жасау әрқашан мүмкін емес және математикалық моделдеу соңғы жылда өзіндік объектілерді зерттеу әдістері бар білімнің жеке саласына айналып келе жатқандығын айтады [3]. Сондықтан, математикалық моделдеуді оқып үйрену, оны физика-механикалық процестерді зерттеуге қолдана білу, студенттерді математикалық моделдеуге оқыту маңызды мәселелердің бірі болып саналады.

Физикалық есептерді шешуде математикалық моделдеуді қолданудың арнайы күзiреттiлiктерi

Жоғарыда айтылғанды ескере отырып, классикалық механика курсына оқу кезінде математикалық моделдеуді қолдана отырып есеп шығаруда, физика мамандығының студенттері меңгеруі тиіс арнайы күзiреттер анықталды. Мысалы, 6В01504-Физика мамандығының бакалаврлары үшін физикалық есептерді шешуде математикалық моделдеуді қолданудың арнайы күзiреттерін анықтадық.

1. Жалпы ғылыми күзiреттiлiктер – зерттелетін мәселені немесе құбылысқа талдау жүргізу қабілеті. Тәжірибе барысында іргелі физикалық білім мен физикалық зерттеу әдістерін қолдану; студенттің физика саласында жаңа білім алуға деген қабілеті, соның ішінде қазіргі заманғы білім беру және ақпараттық технологияларды қолдану; жаратылыстану – ғылыми пәндер білімін мұғалімдік қызметте қолдану қабілеті; теориялық және тәжірибелік зерттеуде моделдеу әдістерін қолдану қабілеті.

2. Тәжірибелік аспаптық күзiреттiлiктер – физикалық нысандар мен құбылыстар туралы білімді іс жүзінде қолдану, сондай – ақ болжамдарды ұсынып, математикалық моделдеуді құру, олардың қолданылу шекарасына талдау жасау қабілеті; зерттеліп жатқан процесс бойынша математикалық модел жасау; ол процеске талдау жасау, зерттеу және негіздеу; физикалық тәжірибелерді жоспарлау және жүргізу қабілеті; өлшеудің дәлдігі мен қателігіне баға беру; алынған нәтижелердің физикалық мағынасына талдау жасау қабілеті.

3. Мақсатты күзiреттiлiктер – арнайы мақсаттардың жиынтығымен берілген, олардың ішінде студенттерде физикалық есептерді шешуде математикалық моделдеуді қолдану біліктілігін қалыптастыру; студенттердің теорияны іс жүзінде қолдана алуы үшін арнайы ғылыми білім базасын қалыптастыру және болашақ мұғалімдердің кәсіби қызметінде кездесетін есептерді шешу кезінде математикалық моделдеуді қолдану дағдыларын бекіту; классикалық механикадан есеп шығару

барысында студенттерде математикалық моделдеуді қолдану дағдысын қалыптастыру және зерттелуі тиіс оқу материалдарын іріктеу.

4. Талдау – нәтиже құзіреттілігі – классикалық механика бойынша есептерді шешу барысында әртүрлі физика – механикалық процестерді моделдеу біліктілігінің қалыптасу деңгейін анықтайды; бұл құзіреттілің практикалық және зертханалық сабақтарға есептер құрастыру жүйесі; курстық жұмыстарды жазу нұсқаулықтары; тестілер және сауалнамалар жүргізу арқылы жүзеге асырылады. Осы әдіс арқылы болашақ физика мұғалімдерінің өзінің кәсіби қызметінде математикалық моделдеуді қолдануға дайындығын тексеруге мүмкіндік береді.

Осы құзіреттіліктерді меңгеру арқылы студенттердің зерттеушілік қабілеттері артып, өздерінің болашақ қызметтерінде физикалық есептерді шешу барысында математикалық моделдеуді қолданудың маңыздылығын түсінеді. Осы құзіреттіліктермен қатар, физика мамандығының студенттерін оқытуда математикалық моделдеуді қолдануға дайындау әдістемесінің моделін мотивациялық – мақсатты, мазмұнды, технологиялық және диагностикалық бөлімдерін қарастыруға болады. *Мотивациялық – мақсатты компонент* мақсаттардың жиынтығымен ұсынылған, оның ішінде ең бастысы-студенттердің кәсіби-бағытталған есептерді шешуде технологиялық процестерді математикалық моделдеуді орындай білуін қалыптастыру. Мақсатты дегеніміз кәсіби пәндерді оқу үшін қажетті студенттердің білім мен біліктерінің ғылыми, іргелі базасын жасау; болашақ ұстаздардың кәсіби қызметінде кездесетін есептерді шешу кезінде математикалық моделдеуді қолдану дағдыларын бекіту және студенттердің базалық дайындық деңгейін арттыру. *Мазмұнды - компонент* физика бойынша оқу материалымен ұсынылған, оны оқу барысында студенттерде математикалық моделдеуді қолдана білу дағдысы қалыптасады. Яғни математикалық моделдеуді қолдануға болатын оқу материалы іріктеледі.

Әдістеме моделінің *диагностикалық компоненті* кәсіптік бағыттағы элементтермен физика бойынша есептерді шешу мысалында технологиялар мен өндірістік үрдістерді моделдеу біліктерінің қалыптасу деңгейін диагностикалаиды. Бұл компонент практикалық және зертханалық сабақтарға есептер жүйесі, курстық жұмыстарды жазу нұсқаулықтары, тестілер, сауалнамалар арқылы жүзеге асырылады. Ұсынылған әдіс физика мамандығының студенттерінің өзінің болашақ кәсіби қызметінде математикалық моделдеуді қолдануға дайындығын тексеруге мүмкіндік береді.

Есеп шығару барысында математикалық моделдеуді қолданудың кезеңдері

Физика мамандықтарының студенттері математика бойынша алған білімдерін талдайтын болсақолардың математика және физика курстарының пәнаралық байланыстарын сипаттайтын математикалық моделдерді тиісті түрде жасай алмайтындығын айқындайды. Бұл дәстүрлі оқыту әдістемесі студенттер, негізінен, есептің сандық жауабын алуға бағытталуымен байланысты. Студенттердің алған білімдері болашақ мамандығына сәйкес келмейді, студенттер ғылыми таным әдістерін нашар меңгерген. Студенттер басқа пәндерде оқылатын процестерді түсіндіру үшін математиканы оқу кезінде алған білімдерін пайдалана алмайды. Біз физикалық есептерді шешудематематикалық модельдеуді қолдануарқылы «Физика» мамандығының студенттерін математикаға оқытуда пәнаралық байланыстарды жүзеге асыруды қарастырамыз. Болашақ физика мұғалімдерінің кәсіби шеберлігін қалыптастыру үшін біз кәсіби мазмұны бар және математикалық моделдеуді талап ететін физикалық міндеттерді әзірледік.

Осыған байланысты есеп шығару барысында математикалық моделдеуді қолданудың келесі кезеңдерін ұсынамыз (кесте 1).

Кесте 1. Есептерді шешу кезіндегі математикалық моделдеу кезеңдері

1. Формализация кезеңі	- есепті қою және оны сапалық талдау - математикалық модел құру - моделдің барабарлығын тексеру және қажет болған жағдайда түзету енгізу
2. Моделдеу барысында есепті шешу	- құрылған моделдің көмегімен қойылған міндеттерді шешу - моделдеу арқылы шешім табу
3. Жауап кезеңі	- жауапты түсіндіру - жүргізілген шешімді зерттеу

Оқу үдерісін ұйымдастыру әдістері мен формалары арнайы әзірленген дидактикалық құралдардың көмегімен жүзеге асады. Физика курсын оқығанда есептер шешуге көп мән беріледі. Физикалық

есептерді шешу және талдау жасау арқылы, физиканың заңдары мен формулаларын есте сақтауға болады. Егер физикадан есептер шешпесек, табиғатта болып жатқан құбылыстар мен өзгерістерді толықтай түсіндіріп бере алмаймыз. Сонымен қатар, есептерді шешу барысында мұғалімнің көмегінсіз білім алушының алдында көптеген қиындықтар кездеседі. Тақырыпты толық меңгермей есеп шығара алмайды, есеп шығармаса тақырыпты меңгере алмайды. Физикалық есептердің қиындығы - есепті шешу үшін қажетті ойша талдау жасау. Есепті шешу барысында есепке талдау жасау, салыстыру тек қана білімді ғана емес, баланың ойлау қабілетін де қажет етеді. Физика есептерін шешу білім алушыларды тек қана танымның ғылыми әдістемесіне үйретіп қана қоймай, олардың шығармашылық қабілетін, ойлау дағдысын, жан - жақтылығын дамытады.

Зертханалық жұмыстарды орындау кезінде ұстанатын математикалық моделдеу кезеңдері

Физика – эксперименталды ғылым. Сондықтан да, физика курсына оқу барысында экспериментке үлкен рөл берілген. Экспериментті өткізудің негізгі тәсілдерінің бірі – объектінің оның әр түрлі параметрлері мен сыртқы жағдайларында, бір параметрдің осы объектінің басқа параметрлеріне әсер етуі арқылы өзгертуінің ықпалын зерттеу болып табылады. Бұл объектінің қасиетін бейнелейтін заңдылықты айқындау үшін, әдетте, бір емес бірнеше тәжірибе жасау арқылы қол жеткізіледі. Зерттеліп отырған объектінің бір параметрлерінің екіншілеріне тәуелділігін айқындау үшін аталмыш объектінің әр түрлі жағдайындағы оның параметрлерін өлшеуді жүргізу керек, яғни, тым болмаса екі рет. Студенттердің математикалық және компьютерлік модельдеуді қолдана отырып физика бойынша зертханалық жұмыстарды орындаған кезде кәсіби бағыттылық принципі кеңінен қолданылады. Осыған байланысты практикалық және зертханалық сабақтарға арналаған тапсырмалар мен жұмыстарды орындауға арналған тапсырмалар жиынтығының маңызы зор. 2 - кестеде зертханалық тапсырмаларды орындау кезінде ұстанатын математикалық моделдеу кезеңдерін көрсеттік. Тәжірибелік жұмыстарды студенттер арнайы қондырғыларда орындайды, әрі қарай процесті моделдеумен, сондай – ақ процесті кең ауқымда зерттеуге мүмкіндік беретін компьютерді қолдана отырып жұмыс жасау дағдыларын қалыптастыру қажет.

Кесте 2. Зертханалық жұмыстарды орындау кезіндегі математикалық моделдеу кезеңдері

1. Мәселені қою және оның сапалық талдауы	-тәжірибе мақсатын анықтау -тәжірибені жоспарлау және дайындау
2. Формализация	-тәжірибені ұйымдастыру және өткізу
3. Жүзеге асыру	-процесті математикалық моделдеу -компьютерде нәтижесін өңдеу -компьютерлік моделдеу
4. Моделдің барабарлығын тексеру	-нәтижелерді жинақтау және талдау -нәтижелерді іс – жүзінде қолдану

Барлық моделдер материалдық (пәндік немесе нақты) және идеалды (ойша) болып бөлінеді. Студент жоғарыда көрсетілген кесте кезеңдерін үйрену барысында өз бетімен зертханалық жұмыс жасап, қорытынды жасай алатын болады.

Курстық жұмысты орындау барысындағы математикалық моделдеу кезеңдері

ЖОО- да әрбір пән бойынша курстық және өзіндік жұмыстарды ұйымдастыру маңызды нысандардың бірі. Курстық жұмыс студенттің өзбетінше орындайтын зерттеу жұмысы болып табылады және педагогика, психология немесе жеке әдістемелер саласындағы бір мәселенің мәтін түрінде рәсімделіп, логикалық аяқталған ғылыми зерттеу түрін қамтиды. Студентте ғылыми-зерттеу жұмыстарының дағдыларын қалыптастыру, оның кәсіптік (теориялық, практикалық) дайындық деңгейін көтеру, оқу пәнін терең меңгеру, ғылыми және анықтама әдебиеттермен өзбетімен жұмыс жасау білігі мен қызығушылығын дамыту мақсатында жүргізіледі. Курстық жұмысқа дайындық кезінде студенттің алдында педагогика және мамандық бойынша оқыту әдістемелері саласындағы жаңа ғылыми жетістіктерді ашу міндеті қойылмайды. Студентке тақырыпты баяндау үрдісінде әдебиетті ғылыми пайдалану, баяндалған материалдың әдіснамасын түсіну, мәліметтерді жүйелей білу, жүйелеу мен қорытынды шығару, теория мен практиканы қазіргі өмірмен байланыстыру қабілеттерін көрсету керек. Курстық жұмысты орындау студенттерден тек қана педагогикалық және арнайы білімдерін жетілдіру ғана емес, жекелеген педагогтардың, білім беру ұйымының т.б. практикалық жұмыс тәжірибесімен танысу, тәжірибелік-практикалық немесе тәжірибелік-

эксперименттік жұмыстар арқылы мектеп қушыларын тәрбиелеу мен оқыту мәселелерін тиімді шешу тәсілдерін жасақтау және сынақтан өткізуді талап етеді. Курстық жұмыс студенттің оқу сабақтары мен оқу жұмысының бақылау формасының негізгі түрін көрсетеді, бұл студенттердің теориялық білімдерін және оларды қолданудың практикалық дағдыларын, олардың ғылыми бейімділігі мен қызығушылығының деңгейі анықталады. Курстық жұмыс бойынша студенттерді кәсіби қызметке дайындау жүзеге асырылады. Берілген мақсаттарды қанағаттандыратын курстық жұмыстарды келесідей типтерге бөліп қарастыруымызға болады: - математикалық моделдеу әдісін қолдану арқылы физикалық және математикалық білімдерді біріктіруге негізделген физика бойынша курстық есептік жұмыстар; - ғылыми – зерттеу сипатындағы курстық жұмыстар. Курстық жұмысты орындау барысында студенттерге математикалық моделдеу кезеңдерін ұстану ұсынылады. Ол 3 - кестеде берілген.

Кесте 3. Курстық жұмысты орындау кезіндегі математикалық моделдеу кезеңдері

1. Мәселені қою және оның сапалық талдауы	- тапсырманың мақсатын анықтау
2. Формализация	- нысанның физикалық моделін құру - математикалық моделдеуге көшу
3. Жүзеге асыру	- алынған міндетті шешу
4. Моделдің барабарлығын тексеру	- нәтижені тәжірибелік деректермен салыстыру
5. Моделді өзгерту	- қажет болған жағдайда моделді нақтылау

Курстық жоба жұмысының нәтижесі күрделі мәселелерді шешуге бірыңғай жаратылыстану-ғылыми көзқарасты қалыптастыру, болжамдар мен есептерді шешу жолдарын іздеу біліктілігін қалыптастыру болып табылады.

Қортынды

Қорытындалай келе, студенттерге физика курсының оқыту барысында меңгеруі тиіс математикалық моделдеудің арнайы құзіреттіліктерін ашып көрсеттік. Физикалық есептерді шығару барысында математикалық моделдеу, зертханалық жұмыс жасау кезеңдеріндегі математикалық моделдеу, курстық жұмыс жасау барысындағы математикалық моделдеу кезеңдерін үйрену студенттердің физикалық заңнамалар мен анықтамаларды дұрыс қолдану дағдыларын қалыптастыруда маңызды рөл атқарады.

Білім алушылардың ойлау қабілетін дамытуда, күнделікті ғылыми ұғымдарды қалыптастыруда пайдалы. Ал, математикалық моделдеудің ғылыми құзіреттіліктерін меңгеру студентке кез келген жұмыста зерттеушілік қабілетінің дамып, дұрыс талдау жасап, нәтиже алуда үлкен көмек болатын әдістердің бірі. Білім беру мазмұнын жаңартуға байланысты, студенттер физика - механикалық құбылыстарды зерттеп оқып-үйренуде, оқу барысында шығаратын қолданбалы есептер табиғатта өтетін процестерді тану үшін математикалық базаны қалыптастыруда оқушылардың физикалық процестердің моделін құрастыруда математикалық моделдеудің қажеттілігі - өмір талабынан туындап отыр.

Пайдаланған әдебиеттер тізімі:

- 1 https://www.inform.kz/kz/pedagog-martebesituraly-zannyn-matini-zharyk-kordi_
- 2 Ашихмин В.Н, Трусков П.В «Введение в математическое моделирование», Москва, Логос 2005. -440с.
- 3 Исахов А.А. Математическое и компьютерное моделирование физических процессов: учебник. – Алматы: Қазақ университеті, 2018.-324б.
- 4 Самарский Л.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. 2-е изд. Физматлит, 2005.-320 с.
- 5 Долженко Е.В, диссертациялық жұмыс, «Математическое моделирование реальных процессов при решении физических задач» 13.00.02 (физика, жалпы білім) Санкт-Петербург 2014.- 198 б
- 6 Разумовский В.Г., Хижнякова Л.С. Современный урок физики в средней школе. Под редакцией Разумовского В.Г. Москва, «Просвещение». 1983.
- 7 Извозчиков В.А., Мартыненко В.Г. Применение ЭВМ при обучении физики. Использование физического эксперимента и ЭВМ в учебном процессе. – Свердловск СГПИ. – 1987. – С. 89-92.
- 8 Беломестнова В.Р, диссертациялық жұмыс, «Математическое моделирование при интеграции курсов математики и физики в обучении студентов физических специальностей педвузов» 13.00.02 (физика, 13.00.02 (физика, жалпы білім) Чита – 2006.-196 с.

- 9 Аймауытов Ж, Жан жүйесі мен өнер таңдау, Мектептегі психология.-2008-384 б.
- 10 Ушинский, К. Д. Собрание сочинений. Т. 5: Методические статьи и материалы. -М.: АПН РСФСР, 1949.-591 с.
- 11 Чернышевский, Н. Г. Избранные педагогические сочинения. - М.: Педагогика, 1983.-335 с.
- 12 Выгодский, Л. С. Педагогическая психология / Под ред. В. В. Давыдова. -М.: Педагогика, 1991.-480 с.

References:

1. https://www.inform.kz/kz/pedagog-martebesi-turaly-zannyn-matini-zharyk-kordi_
2. Ashihmin V.N, Trusov P.V (2005) «Vvedenie v matematicheskoe modeirovanie», Moskva, Logos. 440 "Introduction to Mathematical Modeling" [In Russian]
3. Isahov A.A. (2018) Matematicheskoe i komp'yuternoe modelirovanie fizicheskikh pcessov. Almaty Kazaқk universiteti, 324 «Mathematical and computer modeling of physical processes» [In Kazakh]
4. Samarskij L.A., Mihajlov A.P. (2005) Matematicheskoe modelirovanie. Idei. Metody. Primery. 2-e izd. Fizmatlit, 320.
5. Dolzhenko E.V. (2014) dissertacijalyk zhmys, «Matematicheskoe modelirovanie real'nyh processov pri reshenii fizicheskikh zadach» 13.00.02 (fizika, zhalpy bilim) Sankt- Peterburg. 1998.
6. Razumovskij V.G., Hizhnjakova L.S. (1983) Sovremennyy urok fiziki v srednej shkole. Pod redakciej Razumovskogo V.G. Moskva, «Prosveshhenie». [In Russian]
7. Izvozchikov V.A., Martynenko V.G. (1987) Primenenie JeVM pri obuchenii fiziki. Ispol'zovanie fizicheskogo jeksperimenta i JeVM v uchebnom processe. – Sverdlovsk SGPI. 89-92.
8. Belomestnova V.R. (2006) dissertacijalyr zhmys, «Matematicheskoe modelirovanie pri integracii kursov matematiki i fiziki v obuchenii studentov fizicheskikh special'nostej pedvuzov» (fizika, 13.00.02 (fizika, zhalpy bilim) Chita. 196.
9. Ajmauytov Zh, (2008) Zhan zhyjesi men өner tandau, Mekteptegi psihologija. 384.
10. Ushinskij, K. D. (1949) Sobranie sochinenij. T. 5: Metodicheskie stat'i i materialy. M.: APN RSFSR, 591.
11. Chernyshevskij, N. G. (1983) Izbrannye pedagogicheskie sochinenija. M. Pedagogika, 335.
12. Vygodskij, L. S. (1991) Pedagogicheskaja psihologija Pod red. V. V. Davydova. M. Pedagogika, 480. "Pedagogical psychology" [In Russian]