

XFTAP 13.00.02

С.Н.Нуркасымова, А.К.Мукашева

*Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
(E-mail: SauleNurkasim@mail.ru)*

Физикалық құбылыстарды оқытуда модельдеу әдістерін қолдану

Аннотация. Физика пәнін оқытуда физикалық есептерді модельдеу әдістері жаңа мәселелерді зерттеу кезінде ұғымдардың мазмұны мен көлемінің ұлғая түсетінін қарастырылады. Сонымен қатар, есептерді модельдеу - барынша кең, әрі терең мазмұнмен толықтырылатынын көрсетеді. Физиканы оқытудағы міндеттерінің бірі – оқыту процесінде білім алушыларға материалистік көзқарасты қалыптастыру және оны дамыту болып табылады. Мұндағы негізгі мәселелердің бірі – оқу орындарында білім алушыларды танудың диалектикасымен таныстыру. Модель жасау танудың керекті кезеңдерінің бірі деуге болады.

Білім алатын ортада оқытылатын физика курсына бір физикалық процестің өзінен бірін-бірі толықтырып отыратын бірнеше модель жасау пайдалы болатынын көрсетеді. Модельдеу дегеніміз – қарастырылып отырған құбылысқа барлық ұқсастық жағынан сәйкес келетін құбылысты жасау деген сөз. Модельдеу - гносеологиялық тұрғыдан алғанда кез келген шын заттың адам ойында шағылуы деуге болады.

Түйін сөздер: физикалық құбылыстарды модельдеу, модельдеу технологиясы, негізгі элементтері, формалары.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6895-2019-126-1-96-103>

Кіріспе. Қазақстан Республикасының Президенті Нұрсұлтан Назарбаевтың «Болашақтың іргесін бірге қалаймыз» атты Қазақстан халқына Жолдауында «Біз білім беруді жаңғыртуды одан әрі жалғастыруға тиіспіз. Бүгінде мектептерді компьютерлендіру толықтай аяқталды. Орта білім берудің 12 жылдық моделі енгізілуде. «Өмір бойы білім алу» әрбір қазақстандықтың жеке кредосына айналуы тиіс» делінген¹.

Модельдеу – физиканы оқыту әдістерінің бірі. Кейбір физикалық заттың (құбылыстың, процестің) эксперимент арқылы анықталған қасиеттеріне оқушылардың сенімін арттыру үшін материалдық және идеал модельдер жасалады. Оқыту жұмысын жақсарту үшін физикалық құбылыстардың, процестің және техникалық объектілердің (заттардың) модельдері жасалады. Ал, педагогикалық мақсатта, пайдаланылатын идеал модельдер әдетте, ғылымнан алынады.

Физиканы оқытудағы міндеттерінің бірі – оқыту процесінде білім алушыларға материалистік көзқарасты қалыптастыру және оны дамыту болып табылады. Мұндағы негізгі мәселелердің бірі – оқу орындарында білім алушыларды танудың диалектикасымен таныстыру. Модель жасау танудың керекті кезеңдерінің бірі деуге болады. Білім алатын ортада оқытылатын физика курсына бір физикалық процестің өзінен бірін-бірі толықтырып отыратын бірнеше модель жасау пайдалы болады. Мысалы, идеал газ жоғары температурадағы және төменгі қысымдағы нақты газдың жеткілікті дәлдікпен қасиетін анықтайды. Ван-дер-Ваальстың моделі нақты газға жақын болып келеді, және оның әртүрлі температурадағы қасиеттерін үлкен дәлдікпен көрсете алады. Тағы бір дәлірек модель ретінде атом моделін (Томсон, Резерфорд, Бор) қарастырған теріс болмайды. Материалдық модель физикалық нысанның өзіне сәйкес бейнесін жасау үшін қажет. Бірақ кез келген физикалық құбылыстың материалдық моделін жасау мүмкін емес. Сондықтан, көбіне идеал модельдер де қолданылады. Түсінік модельдер белгілі бір заттың сезімдік бейнесі болады. Зерттелетін заттың, құбылыстың сезімдік бейнесін жасау, материалдың есте жақсы сақталып, қайта жаңғыртылуына ықпал етеді. Физикалық ұғымдарды

1 <http://www.bnews.kz/>

меңгергенде де құбылыстың мағынасын білдіретін сезімдік бейненің болуы өте маңызды шарт. Мысалы, механикалық қозғалыстың анықтамасын беруден бұрын эксперимент арқылы осы физикалық құбылыстың бейнесін жасау керек.

Модельдеу дегеніміз – қарастырылып отырған құбылысқа барлық ұқсастық жағынан сәйкес келетін құбылысты жасау деген сөз.

Модельдеу - гносеологиялық тұрғыдан алғанда кез келген шын заттың адам ойында шағылуы деуге болады [1].

Жалпы алғанда, физикалық модельдеуде модельденетін затпен оның моделі біртекті деп есептеледі. Солай бола тұрсада, біртекті құбылысты тегі басқа екінші бір құбылыспен модельдеуге болады. Мысалы, сұйықтың ағуын электр тогімен, аспан шырақтарының қозғалысын көп цилиндрлі дизель қозғалтқыш валының айналу тербелісімен модельдеуге болады.

Оқытудың модельдеу әдістерінде жаңа мәселелерді зерттеу кезінде ұғымдардың мазмұны мен көлемі ұлғаяды және тереңдей түседі. Олар барынша кең әрі терең мазмұнмен толықтырылады.

Физикадағы моделдеу мәселелерінің бірі – бұл денелердің гравитациялық және электр өрістегі қозғалысы. Әрине, бұл өрістерге магниттік өрісті де қосуға болады. Кез-келген макроскопиялық денелер микроскопиялық бөлшектерден тұрады. Демек, макроскопиялық денелердегі процестерді модельдеу үшін ондағы микроскопиялық бөлшектердің қозғалысын модельдеу керек. Макроскопиялық денелерге, мысалы, сұйықтар, плазма, жұлдыз шоғырлары, галактикалар жатса, ал олардағы микроскопиялық денелер сәйкес түрде молекулалар, зарядталған бөлшектер, жұлдыздар жатады [2].

Дененің қозғалысы оған әсер ететін $\vec{F}$ сыртқы өріс күшімен байланысты. Гравитациялық және электрлік өрістер үшін теңдеулер өзара ұқсас болғанымен, олардың айырмашылықтары да бар. Сөйтіп, қозғалыс теңдеулерінің біріншісі екі өріс үшін де бірдей және ол төмендегінше жазылады:

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{v}, \quad (1)$$

мұндағы $\vec{r} = (x, y, z)$

Ал екінші теңдеу, жоғарыда айтылғандай, үдеу үшін жазылған теңдеу болып табылады және ол өріс потенциалы мен дененің потенциалдық энергиясы арқылы анықталады.

Қозғалыс теңдеулері екі өрісте былай жазылады:

Гравитациялық өріс	Электр өріс
$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = -\nabla\Phi$	$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = -\frac{e}{m}\nabla\varphi$

мұндағы ∇ - Набла операторы, e – дене (бөлшек) заряды, m – оның массасы. Осыған сәйкес түрде, бұл өрістердегі денеге әсер ететін күштер:

Гравитациялық өріс	Электр өріс
$\vec{F} = -\nabla \nu$	$\vec{F} = -e\nabla \varphi$

Дербес жағдайда, мысалы, сфералық симметриялық өрісте (потенциалдар тек радиус бойымен ғана өзгереді) олар мына түрге келеді:

Гравитациялық өріс	Электр өріс
$a = -\frac{d\Phi}{dr}$	$a = -\frac{e}{m} \frac{d\varphi}{dr}$
$F = -\frac{d\nu}{dr}$	$F = -e \frac{d\varphi}{dr}$

Осы орында, электр өрісі потенциалы φ және оның кернеулігі E ортасында

$$-\nabla \varphi = \vec{E} \quad (2)$$

қатынас бар екендігін айта кету қажет.

Осылайша, қорыта келе, гравитациялық және электр өрістегі денелердің қозғалыс теңдеулері былай жазылады:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\vec{r}}{dt} &= \vec{v} \\ \frac{d\vec{v}}{dt} &= -\nabla \Phi \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\vec{r}}{dt} &= \vec{v} \\ \frac{d\vec{v}}{dt} &= -\frac{e}{m} \nabla \varphi \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Декарттық координаталар жүйесінде Набла операторы былай жазылады:

$$\nabla \hat{O} = \vec{i} \frac{\partial \Phi}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial \Phi}{\partial y} + \vec{k} \frac{\partial \Phi}{\partial z} \quad (5)$$

Қозғалыс теңдеулері белгілі болғасын, енді оларды шешу жолын қарастыралық. Мысалы, (3) теңдеулер жүйесін шешу үшін туындыны шекті айырмалармен алмастырамыз:

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{\vec{r}_n - \vec{r}_{n-2}}{2 \Delta t} = \vec{v}_{n-1} \quad (6)$$

мұндағы $\vec{r}_{n-2}$ және $\vec{r}_n$ - дененің t_{n-2} және t_n уақыт мезеттеріндегі координаттары, ал $\vec{v}_{n-1}$ - оның t_{n-1} уақыт мезетіндегі жылдамдығы. Бұдан t_n уақыт мезетіндегі $\vec{r}_n$ координатты есептеу формуласын аламыз:

$$\vec{r}_n = \vec{r}_{n-2} + 2 \Delta t \vec{v}_{n-1} \quad (7)$$

Бұл – қозғалыс теңдеуінің біріншісінің сандық әдіспен шешуі.
Ал теңдеулер жүйесінің екіншісін де осы сияқты шешеміз:

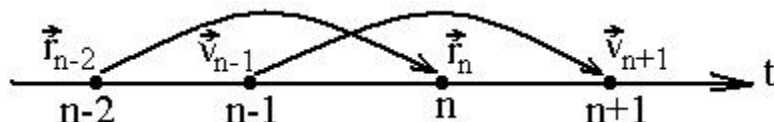
$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{\vec{v}_{n+1} - \vec{v}_{n-1}}{2 \Delta t} = -\frac{e}{m} \nabla \varphi \quad (8)$$

$$\vec{v}_{n+1} = \vec{v}_{n-1} - 2 \Delta t \frac{e}{m} \nabla \varphi(\vec{r}_n, t_n) \quad (9)$$

Мұндағы (9) теңдеу - t_{n+1} уақыт мезетіндегі $\vec{v}_{n+1}$ жылдамдықты есептеу формуласы.
Ал, гравитациялық өріс үшін жылдамдықты есептеу формуласы

$$\vec{v}_{n+1} = \vec{v}_{n-1} - 2 \Delta t \nabla \Phi(\vec{r}_n, t_n) \quad (10)$$

түрде жазылады және ол (7) теңдеулер жүйесінің екінші теңдеуінің шешуі болып табылады.
(8), (9) және (10) формулалардан төмендегі заңдылық көрінеді: n -ші нүктедегі $\vec{r}_n$ координатты есептеу үшін оның $(n-2)$ -ші нүктедегі мәні $\vec{r}_{n-2}$ мен $(n-1)$ -ші нүктедегі $\vec{v}_{n-1}$ жылдамдығы қолданылады. Ал $(n+1)$ -ші нүктедегі $\vec{v}_{n+1}$ жылдамдықты есептеу үшін оның $(n-1)$ -ші нүктедегі мәні $\vec{v}_{n-1}$ мен n -ші нүктедегі $\vec{r}_n$ координаты қолданылады [4]. Бұл аттап өту әдісі деп аталады және оны төмендегі сызба арқылы көрсетуге болады (1-сурет):



1-сурет. Координаттар мен жылдамдықты есептеу.

Бұл әдіс бойынша бір уақыттың өзінде әрі жылдамдықты, әрі координатты табу мүмкін емес. Бірақ бұл әдіс жоғары дәлдікке ие.

Гравитациялық өріс потенциалы ондағы масса тығыздығы арқылы Пуассон теңдеуімен байланысқан:

$$\Delta \Phi = 4\pi G \rho \quad (11)$$

Демек, егер гравитациялық жүйе ішіндегі масса тығыздығы ρ берілсе, Пуассон теңдеуін шешіп Φ потенциалдың координата бойынша таралуын табуға болады. Олай болса, (9) және (10) формулалар арқылы бөлшектің траекториясын табуға болады. Пуассон теңдеуі декарттық координаталар жүйесінде төмендегінше жазылады:

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} = 4\pi G \rho \quad (12)$$

Ал сфералық симметриялық жағдайда:

$$\frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{d\Phi}{dr} \right) = 4\pi G \rho \quad (13)$$

Зарядталған бөлшектің магнит өрісі индукциясына перпендикуляр жазықтықта қозғалысы модельденетін болса, онда қозғалыс теңдеулері төмендегіше беріледі:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\vec{r}}{dt} &= \vec{v} \\ \frac{d\vec{v}}{dt} &= \frac{e}{m} [\vec{v} \vec{B}] \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

мұндағы екінші теңдіктің оң жағы Лоренц күшінің бөлшек массасына қатынасын береді. Физика есептерін MATLAB бағдарламасында шешу мысалдарын қарастырамыз:

№ 1-есеп. Төмендегі кестеде автомобильдің әр 15 сек сайын жылдамдықтарының мәндері берілген. Оның 7 мин ішінде жүріп өткен жолын табыңыз [5].

t, мин	v, км/сағ	t, мин	v, км/сағ
0	20	3.75	40
0.25	30	4.0	50
0.5	40	4.25	55
0.75	60	4.5	55
1.0	55	4.75	45
1.25	50	5.0	50
1.5	60	5.25	55
1.75	55	5.5	60
2.0	45	5.75	60
2.25	30	6.0	60
2.5	20	6.25	65
2.75	5	6.5	70
3.0	8	6.75	40
3.25	0	7.0	20
3.5	20		

Шешуі: Кестедегі жылдамдықтардың мәндерінен бұл қозғалыстың бір- қалыпты емес екендігі көрініп тұр. Демек, автомобильдің жүріп өткен жолын табу үшін жылдамдықты уақыт бойынша интегралдау қажет, яғни

$$S = \int_0^t v(t)dt$$

Егер $v(t)$ функция аналитикалық түрде берілсе, онда оны интегралдау оңай болар еді. Алайда бұл есепте оның мәндері кесте түрінде берілген. Мұндай интегралды қолда есептеу үшін интегралды жуықтап есептеу формуласын білу қажет. Сонымен бірге, ол көп уақытты қажет етеді.

Ал оны MATLAB-та есептеу үшін арнайы **trapz** функциясын пайдалануға болады. Бұл функцияны пайдаланудың бір шарты – бұл аргументтің мәндері тұрақты қадаммен өзгеруі тиіс. Бұл шарт берілген есепте орындалған және ол 15 секундқа, яғни 0,25 минутқа тең. Ал жылдамдық км/сағ-та берілгендіктен, уақытты сағатқа айналдырамыз. Сөйтіп MATLAB-та төмендегі командаларды береміз:

```
>> tm= 0:0.25:7  
>> tm= tm./60  
>> v = [20 30 40 60 55 50 60 55 45 30 20 5 8 0 20 40 50 55 55 45 50 55 60 60 60 65 70 40  
20];  
>> S=trapz(tm,v)  
S = 5.0125
```

Сөйтіп, бар болғаны 4 қатар команда арқылы берілген есеп шешіледі. Онда да, оның бірінші және үшінші қатарларында есеп шартындағы мәліметтер ендірілген, ал екіншісінде минуттағы уақыт сағатқа аударылған. Тек қана 4-ші қатарда интегралды есептеу көрсетілген.

Сонымен, жауап: $S = 5,0125$ км

№2-есеп. Маятниктің $u'' + \sin u = 0$ қозғалыс теңдеуін $t_0=0$ ден $t=10$ -ға дейін уақыт ара-

лығында $u(t_0)=0$, $u'(t_0) = 2 \sin \frac{\pi}{4}$ бастапқы шарттармен шешіндер [5].

Шешуі: Бұл дифференциалдық теңдеуді MATLAB – та шешу үшін, оны алдымен екі бірінші реттік дифференциалдық теңдеулер жүйесіне келтіру керек.

Ол үшін $u_1 = u$, $u_2 = u' = u_1'$ белгілеулерін ендіреміз.

Демек, $u_1' = u_2$, және $u_2' = u''$ екендігі шығады.

Ал берілген теңдеуден $u'' = -\sin u$ табамыз. Онда $u_2' = -\sin u$.

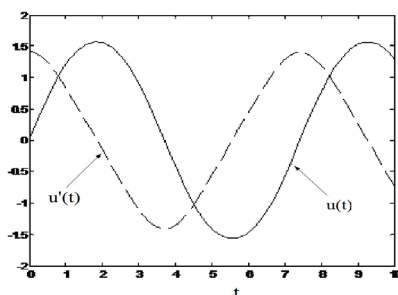
Сөйтіп,

$$\begin{cases} u_1' = u_2 \\ u_2' = -\sin u \end{cases}$$

теңдеулер жүйесін аламыз.

MATLAB-та дифференциалдық теңдеулер жүйесін шешу үшін, алынған теңдеулер жүйесінің оң жағын жеке m.file түрінде сақтау қажет. Айталық, сол файлдың аты Fn.m болсын. Онда, ол файлда төмендегі екі қатар оператор болады:

```
function y=Fn(t,u)  
y=[u(2); -sin(u(1))];
```



2 - сурет. $u(t)$ және $u'(t)$ функцияларының графиктері

Бұл файлды work папкасына сақтаймыз.

Ал, енді MATLAB-тың жұмысшы ортасында

```
>>[t,u]=ode45('Fn',[0,10],[0,1.414]);
```

командасын беріп теңдеудің шешуін аламыз.

Сосын

```
>> plot(t,u(:,1),'-k',t,u(:,2),'--k')
```

командасын беріп u және u' функциялардың графикін сызуға болады.

Модель дұрыс жұмыс істеуі үшін оның параметрлері дұрыс қойылуы қажет.

Қорытынды. Физикалық құбылыстарды оқытуда модельдеу әдістерін қолдану үшін MATLAB бағдарламасы пайдаланамыз. Физика есептерін MATLAB бағдарламасында шешу барысында механика және механикалық тербелістер бөлімдерінің мысалдары қарастырылады. Осы есептерді шығаруда дифференциалдық теңдеулерді MATLAB бағдарламасында шешу үшін, оны алдымен бірінші және екінші реттік дифференциалдық теңдеулер жүйесіне келтіріледі.

Оқытудың модельдеу әдістерін зерттеу кезінде, физикалық есептердің ұғымдары, мазмұны мен көлемдері ұлғаяды және тереңдей түседі. Олар барынша кең әрі терең мазмұнмен толықтырылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Мартынов Н.Н., Иванов А.П.. MATLAB 5.x. Вычисления, визуализация, программирование. – Москва: Кудриц-Образ, 2000.
2. Нуркасымова С.Н., Ашуrow А.Е. Физиканы оқытудың компьютерлік әдістері: оқу құралы. - Алматы: «Эверо» баспасы. – 2016. – 176 б.
3. Потемкин В.Г. MATLAB 5 для студентов. – Москва: Диалог-МИФИ, 1998.
4. Иродов И.Е. Механика: оқулық. / Ауд. Л.Ф. Жүрерова. - Алматы, 2012.

S.N.Nurkasymova, A.K. Mukasheva

L.N.Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

Methods of physical processes modeling

Abstract: The study of physics course along with the study of higher mathematics creates the fundamental basis of the professional activity of bachelors, forms their scientific worldview. One of the requirements in teaching physics is to form students' skills and abilities to use fundamental laws, theories of classical and modern physics, and skills in independent cognitive activity, to form an idea of the modern natural science worldview. The main task is the use of theoretical knowledge to solve practical problems

and successfully master special disciplines in future professional activities. Modeling is one of the methods of teaching physics, which makes it possible to more deeply discover and understand physical processes. Including, modeling tasks allows you to more deeply and widely understand the conditions of tasks. Modeling is real process, according to the gnoseology, which can be considered as ideal without taking into account any physical properties.

Key words: modeling of physical processes, modeling technology, basic forms and elements.

С.Н. Нуркасымова, А.К. Мукашева

*Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева,
Нур-Султан, Казахстан*

Использование методов моделирования физических процессов в обучении

Аннотация. Изучение курса физики наряду с изучением высшей математики создает фундаментальную базу профессиональной деятельности бакалавров, формирует их научное мировоззрение. Одно из требований при обучении физике – формирование у обучающихся умений и навыков использования фундаментальных законов, теорий классической и современной физики, навыков самостоятельной познавательной деятельности, формирование представления о современной естественнонаучной картине мира. Основная задача – использование теоретических знаний для решения практических задач и успешного усвоения специальных дисциплин в будущей профессиональной деятельности. Моделирование – один из методов обучения физике, позволяющий более глубоко раскрыть и понять физические процессы. В том числе моделирование задач позволяет глубже и шире понять условия задач. Моделирование с точки зрения гносеологии – реальные процессы, которые можно рассматривать как идеальные без учета каких-либо физических свойств.

Ключевые слова: моделирование физических процессов, технология моделирования, основные элементы и формы.

References

1. Martynov N.N., Ivanov A.P. MATLAB 5.x. Vychislenija, vizualizacija, programmirovanie [Calculations, visualization, programming] (Kudrits-Image, Moscow, 2000).
2. Nurkasymova S.N., Ashurov A.E. Fizikany okytudyn komp'juterlik adisteri: oku kuraly [Computer methods of teaching physics] (Ewero, Almaty, 2016, 176 p.)
3. Potemkin V.G. MATLAB 5 dlja studentov [MATLAB 5 for students] (Dialog-MEPI Moscow, 1998).
4. Irodov I.E. Mehanika: okulyk [Mechanics: textbook] / translated by L.G. Zhureroва (Almaty, 2012).

Сведения об авторах:

С.Н.Нуркасымова - педагогика ғылымдарының докторы, жалпы және теориялық физика кафедрасының профессоры, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан көшесі, 13, Нұр-Сұлтан, Қазақстан.

А.К.Мукашева - жалпы және теориялық физика кафедрасының доценті, химия ғылымдарының кандидаты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан көшесі, 13, Нұр-Сұлтан, Қазақстан.

Nurkasymova S.N. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor of the Department of General and Theoretical Physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 13, Kazhimukan Str., Nur-Sultan, Kazakhstan.

Mukasheva A.K. - Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of General and Theoretical Physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 13, Kazhimukan Str., Nur-Sultan, Kazakhstan.