

А.Б. Мукушев¹
Б.А. Мукушев²
Б.А. Прмантаева³

¹«Қаржы академиясы» АҚ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

²С. Сейфуллина атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

³Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
(E-mail: mba-55@mail.ru)

Орта мектепте физиканы оқытуда аналогия әдісін қолдану

Аңдатпа. Мақалада орта мектепте физика пәнін оқытуда ғылыми таным әдістерінің бірі – аналогия әдісін қолдану жолдары көрсетілген. Физиканы оқып үйрену үдерісінде қолданылатын аналогия әдісінің екі түріне сипаттама берілген. Бұлар статикалық және динамикалық аналогиялар. Аталған аналогия әдістері ішінде динамикалық аналогия жан-жақты қарастырылған. Динамикалық аналогия әдісінің механикалық және электрлік тербелістерге арналған есептерді шешудегі эвристикалық функциясы ашылған. Қарастырылған есептер олимпиадалық есептер түріне жатады.

Түйін сөздер: аналогия әдісі, статикалық және динамикалық аналогиялар, механикалық және электр тербелістері, серпіндегі жүк, тербелмелі контур.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6895-2021-137-4-287-293>

Кіріспе

Аналогия немесе салыстыру әдісі тек физикада емес, басқа ғылымдарды оқып – үйренуде де үлкен роль атқарады. Орта мектеп физика курсына аналогия кейбір тікелей сезім мүшелері арқылы танып-білуге болмайтын күрделі құбылыстарды, процестерді терең, кең түсіндіру үшін қолданылады. Аналогияны қолдану сабақ берудің жан-жақтылығын қамтамасыз етеді және оқушылардың алатын білімінің тиянақты болуына көмектеседі. Әрине, бұдан ол арқылы жаңа ұғым жасауға болады деген ой тумаса керек.

Аналогия қарастыратын күрделі физикалық құбылысты, заңдылықтары шамалары, өзгеріс сипаты бірдей, бірақ табиғаты, тегі

басқа, көрнекі, оңай меңгерілетін физикалық құбылыспен салыстыра түсіндіріледі. М.В. Ломоносовтың “ұқсастыру дәлелдемейді, дәлелденгенді түсіндіреді” деген пікірінің мәні өте зор.

Негізгі бөлім

Аналогия әдетте физикада екі жүйенің негізгі белгілерін салыстыру арқылы құбылыстар мен объектілерді теориялық зерттеу сатысында қолданылады. Физикалық ұқсастық салыстырылатын физикалық процестер мен объектілердің математикалық сипаттамасының ұқсастығына негізделген. Біз физикалық аналогиялардың келесі түрлерін ұсынамыз: статикалық және динамикалық.

Статикалық аналогияларға параметрлері уақытқа тәуелді өзгермейтін жүйелер кіреді. Статикалық ұқсастықтың мысалы – бүкіл әлемдік тартылыс заңы мен Кулон заңы арасындағы ұқсастық. M және m массалары бар екі материалдық нүкте арасындағы тартылыс күші үшін және Q және q екі нүктелі әр түрлі зарядтардың электростатикалық әсерлесу күші үшін өрнектер мынандай түрде болады:

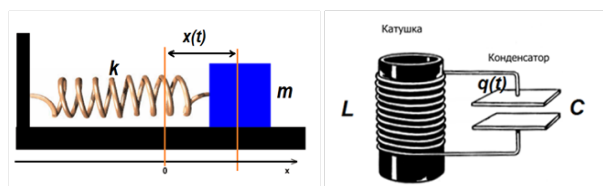
$$F_T = G \frac{Mm}{r^2} \quad F_3 = k \frac{Qq}{r^2}$$

мұндағы G – гравитациялық тұрақты, k – пропорционалдық коэффициент, r – өзара әсерленетін денелердің ара қашықтығы.

Гравитациялық және электростатикалық өрістердің потенциалдық сипаты, электр өрістеріндегі нүктелік зарядтың және гравитациялық өрістегі материалдық нүктенің қозғалысы кезінде жұмыс мәнінің траектория формасынан тәуелсіздігі, тұйық траекториядағы бұл жұмыстардың нөлдік мәні табиғаты әртүрлі физикалық құбылыстар арасындағы ұқсастықтың болуын дәлелдейді.

11-класс физика курсындағы механикалық және электрлік тербелістер мен толқындарды оқытуда аналогия әдісін қолданудың кейбір мәселелеріне тоқталайық. Табиғаты әр түрлі жүйелердегі терең ұқсастық серіппедегі (серіппелі маятник) және электрлік тербеліс тізбегіндегі зарядты салыстыру кезінде анықталады (Сурет.1). Мұнда физикалық әр түрлі жүйелерде уақыт өте келе жүретін процестер ұқсас. Мұндай аналогиялар динами-

калық деп аталады. Динамикалық ұқсас жүйелердегі процестер бірдей математикалық теңдеулермен сипатталады [1,2].



Сурет 1.

Электр тербелісінің жүру процесін, осы тербелісті сипаттайтын теңдеулер мен шамаларды түсініп, оны практикалық мақсатта қолдана білу көптеген оқушыларға қиындық туғызады. Оның себебі электр тербелісін тікелей сезім мүшелерімен танып-білудің мүмкін еместігінде. Электр тербелісінің жүру процесін оқушылардың көз алдына елестету үшін оны табиғаты да, физикалық сипаты да бөлек механикалық тербеліспен салыстырамыз. Механикалық тербелісті бақылаушы тікелей көру түйсігімен қабылдайтындықтан, тербелісті сипаттайтын шамалар табиғи көрінеді, шүбә келтірмейді. Ал электр тербелісін бұлай сезіп, тануға болмайды. Дегенмен, осы екі тербелісте ұқсастық бар. Мұндағы ұқсастық – шамалардың периодты өзгерту процесі. Осы ұқсастықтарды 1- кесте түрінде беруге болады.

Кестедегі физикалық процесті сипаттайтын шамалар ұқсас емес, олар өзгеріс заңдары бірдей болған кезде ұқсас болады. Сондықтан бұған дианмикалық аналогия әдісін қолдана аламыз. Механикалық тербеліс және электр

1-кесте

Механикалық шамалар		Электрлік шамалар	
Координата	x	Заряд	q
Жылдамдық	$v = x'$	Ток күші	$I = q'$
Масса	m	Индуктивтік	L
Қатаңдық	k	Сиымдылықтың кері шамасы	$1/C$
Ньютонның екінші заңындағы күш	$F = m \Delta v / \Delta t$	Өздік индукция электр қозғаушы күші	$\mathcal{E} = -L \Delta i / \Delta t$
Кинетикалық энергия	$m v^2 / 2$	Магнит өрісі энергиясы	$Li^2 / 2$
Потенциялық энергия	$kx^2 / 2$	Электр өрісі энергиясы	$q^2 / 2C$

тербелістерінің шамаларын пайдаланып, электр тербелісінің теңдеуін және периодының өрнегін беруге болады.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \Leftrightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

$$x'' = -\frac{k}{m}x \Leftrightarrow q'' = -\frac{1}{LC}q$$

Серппедегі жүкті тепе-теңдіктен шығару үшін оған сыртқы күш әсер етеді. Осыған ұқсас конденсатордағы бастапқы зарядты және астарларындағы кернеуді батареяның электр қозғаушы күші тудыратынын байқау қиын емес. Сонымен механикалық тербелмелі системаға әсер ететін сыртқы күш пен электр қозғаушы күштің ролі бірдей.

Бұл екі процестің ұқсастықтары тіпті терең кетеді. Механикалық тербеліс ортаның кедергісінің нәтижесінде өшсе, сол сияқты тербелмелі контурдың электр тербелісі контурдың актив кедергісінің себебінен өшеді.

Механикалық толқындарды және толқындық құбылысқа тән қасиеттерді - интерференция, дифракцияны оқып үйренгеннен кейін, электромагниттік толқындарды және жарықтың интерференциясы мен дифракциясын оқушылардың меңгеруіне осы екі толқын арасындағы аналогияны қолдану қажет. Жарықтың вакуумда таралуын дыбыстың ауада таралуымен салыстыра түсіндірудің көптеген әдістемелік артықшылықтары бар. Жарықтың поляризациясын оқып-үйренгенде жарық толқынын жіп бойындағы толқындардың таралуымен салыстыру аталған мәселені түсіндіруде үлкен роль атқарды.

Аналогияны қолданғанда екі физикалық процесті салыстырып қана қоймай, олардың арасындағы өзгешеліктерді де көрсеткен жөн. Демек, аналогияны қолданудың шегі бар екендігін оқушыларға жеткізу қажет. Мысалы, тербелмелі контурда электр тербелістері пайда болған кезде айнымалы электр және айнымалы магнит өрістері де пайда болады. Ал, бұған ұқсас құбылыс механикалық тербелмелі системада байқалады.

Аналогия әдісін қолдану есептер шығаруда көп жеңілдік жасайды. Кейбір есептерді ше-

шуде, бұрыннан шешу жолы белгілі есеппен салыстырамыз да, шамалы арасындағы ұқсастықты ескеріп, дұрыс шешімге келеміз. Кейбір типтік есептерді шешу әдісімен таныстыралық [3-6].

1 есеп. Сыйымдылығы C конденсатордың зарядын q_1 мәнінен q_2 мәніне өзгерту үшін қандай жұмыс істеу керек?

Шешуі. Бірінші әдіс. Бұл есепті шешу үшін әдетте электростатика заңдылықтары қолданылады. Конденсаторды зарядтау процесі келесідей ұсынылуы мүмкін: зарядты Δq кішкене бөліктерімен (конденсатордағы потенциалдар айырмасы өзгермейді деп санауға болады) бір астардан екіншісіне ауыстыру. Содан кейін біз Δq зарядының жұмысын келесі түрде жазамыз:

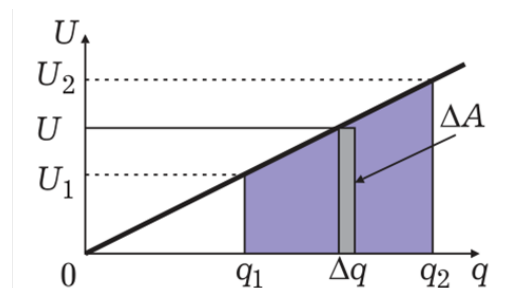
$$\Delta A = U \Delta q = \frac{1}{C} q \Delta q.$$

Конденсатор астарындағы заряд q_1 ден q_2 -ге дейін өзгергенде жасалатын жұмысты толық интеграл көмегімен табамыз.

$$A = \int_{q_1}^{q_2} dA = \frac{1}{C} \int_{q_1}^{q_2} q dq = \frac{1}{2C} (q_2^2 - q_1^2).$$

Немес бұл жұмысты графикалық әдіспен табамыз (Сурет 2). Графиктегі боялған аудан толық жұмыстың мәнін береді:

$$A = \frac{U_1 + U_2}{2} (q_2 - q_1) = \frac{1}{2} \left(\frac{q_2}{C} + \frac{q_1}{C} \right) (q_2 - q_1) = \frac{1}{2C} (q_2^2 - q_1^2)$$



Сурет 2

Екінші әдіс. Бұл мәселені механикалық және электрлік тербелістер арасындағы ұқсастық негізінде шешуге болады. Серппедегі жүктің массасы мен тербелмелі контурдағы

катушканың индуктивтілігі нөлге тең деп санаймыз. Деформацияланған серпке зарядталған конденсаторға ұқсас. Біз осы жүйелер арасындағы сәйкестікті 1 кесте көмегімен орнатамыз: конденсатордың сыйымдылығы қатылықтың кері шамасына, конденсатордың заряды – серіппенің ұшының координатысына, астарлар арасындағы кернеу – серіппеге әсер ететін күшке ұқсас.

Қатаңдығы k серіппені x_1 шамадан x_2 шамаға ұзарту үшін мынандай жұмыс жасалатыны белгілі:

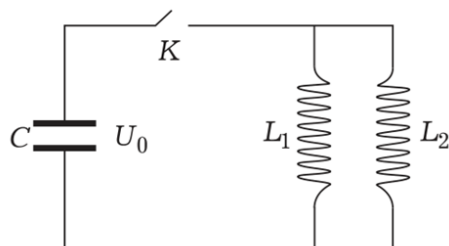
$$A = \frac{k}{2} (x_2^2 - x_1^2)$$

Егер осы теңдеудегі механикалық шамаларды оларға сәйкес электрлік шамалармен ауыстырсақ конденсатор астарларындағы заряд шамасын өзгертуге қажет жұмыстың теңдеуін жаза аламыз:

$$A = \frac{1}{2C} (q_2^2 - q_1^2)$$

Көріп отырғанымыздай, динамикалық аналогия көмегімен есеп жылдам шешілді.

2 есеп. 3 суретте сыйымдылығы C және индуктивтіліктері L_1 және L_2 болатын катушалардан жасалған тербелмелі контур берілген. Осы контурдағы электрлік тербелістердің периодын табу керек.



Сурет 3

Шешуі. Біз аналогия әдісін қолданамыз. Бұл электр тізбегінің механикалық ұқсастығы 4-суретте көрсетілген. және m_1 және m_2 массалары бар жүктер қатаңдығы k серіппемен бекітіледі. Жүктерді бір-біріне жақындатады да, екеуін де бір мезгілде босатып жібереді. Пайда болған тербелістердің периодын анықтау қажет.

Жүйенің масса центрі қозғалмайды, сондықтан жүктемелер қарсы фазада бірдей жиілікпен тербеледі, ал олардың тепе-теңдік

жағдайынан x_1 және x_2 ауытқуы $k_1 x_1 = k_2 x_2$ қатынасын қанағаттандырады.



Сурет 4

Ұзындықтары l_1 және l_2 , қатаңдықтары k_1 және k_2 болатын серпке бөліктері (l_1 және l_2 - жүктердің масса центрінен ара қашықтығы) мына теңдеулермен табылады:

$$l_1 = l \frac{m_2}{m_1 + m_2} \quad l_2 = l \frac{m_1}{m_1 + m_2}$$

Сонымен қатар $k_1 = \frac{m_1 + m_2}{m_2} k$.

Жүктің тербелістерінің периоды

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m_1 m_2}{(m_1 + m_2)k}}$$

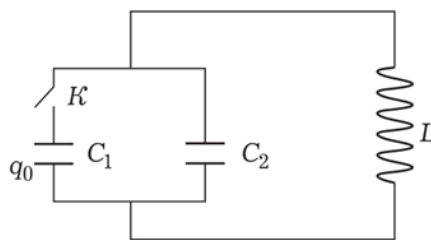
Демек, тербелмелі контурдағы электрлік тербелістер периоды

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{CL_1 L_2}{L_1 + L_2}}$$

3 есеп. 5-суретте көрсетілген схемада сол жақ C_1 конденсаторының q_0 заряды бар, ал оң жақ - C_2 сыйымдылығы зарядталмайды.

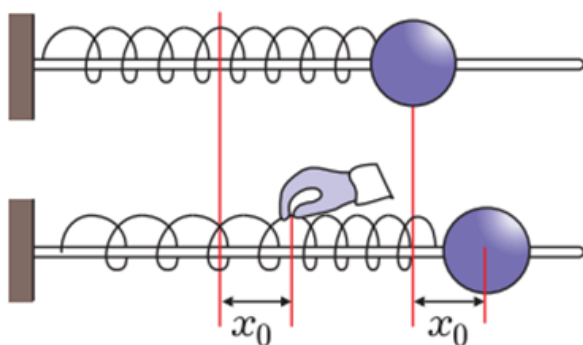
а) кілт (K) қосылғаннан кейін уақытқа тәуелді конденсатордағы зарядтың өзгеру теңдеуін табыңыз.

б) жүйеде гармоникалық тербелістер орныққаннан кейін бөлінетін жылу мөлшерін анықтаңыз.



Сурет 5

Шешуі. Бұл электрлік құбылысты 6-суретте көрсетілген механикалық ұқсастық айқын көрсете алады.



Сурет 6

Төмендегідей эксперимент жүргіземіз: серіппені кез-келген нүктесінен ұстап, оның сол бөлігін белгілі бір x_0 мәніне дейін созамыз (сурет.6). Серіппенің оң жағы деформацияланбаған күйде қалады, сондықтан жүк бастапқы сәтте тепе-теңдік күйінен x_0 мәніне оңға ауысады. Содан кейін біз серіппеден қолымызды аламыз. Сонда серіппенің ішінде жиілігі өте үлкен өшетін тербеліс пайда болады. Өйткені серпіе массасының жүк массасынан өте аз болғандықтан, серпіе ішінде пайда болған тербеліс жиілігі өте үкен болады. Серпіе ішіндегі тербеліс тез өшеді де жүк қозғалып үлгермейді. Жылдам тербелістер сөнгеннен кейін серіппедегі ығысу қайта бөлінеді, ал жүктің жылжуы x_0 -ге тең болады. Серпіенің потенциялық энергиясы жылуға айналады. Егер біз серпіенің сол жағының қатаңдығын k_1 арқылы, ал оң жағы k_2 арқылы белгілесек, жалпы қатаңдықтың кері мәні үшін біз мынаны жаза аламыз:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \quad \text{немесе} \quad k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$$

Сөйтіп, серпіедегі жүк төмендегі заңдылыққа сәйкес гармониялық тербелістер жасайды:

$$x(t) = x_0 \cos \omega_0 t, \text{ мұндағы } \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}}$$

Алғашқы кезеңде сыртқы күштің әсерінен $\frac{k_1 x_0^2}{2}$ шамасына тең механикалық жұмыс жа-

салды. Механикалық жүйеде гармониялық тербеліс орнағаннан кейін оның толық энергиясы $kx_0^2/2$ шамасы болды. Демек механикалық жүйедегі бөлініп шыққан жылу мөлшері:

$$Q = \frac{k_1 x_0^2}{2} \cdot \frac{k x_0^2}{2}$$

Есеп шартындағы электрлік жүйеге орайлық. Кілт қосылған кезде конденсаторлар мен оларды жалғайтын сымдардан тұратын тізбекте тез сөнетін тербелістер пайда болады. Мұндай тербелістердің периоды өте аз, өйткені сымдардың индуктивтілігі катушканың индуктивтілігімен салыстырғанда өте аз. Осы тербелістердің нәтижесінде конденсатор астарларындағы заряд қайта бөлінеді, содан кейін екі конденсаторды бір конденсатор деп санауға болады.

Электрлік жүйедегі жылдам тербелістер сөнгеннен кейін жаңа тербелістер пайда болады. Жаңа жүйе сыйымдылығы $C_1 + C_2$ бір конденсаторы және бір катушкасы бар тізбек ретінде қарастырылады. Оның заряды бастапқы сәтте q_0 болады.

$$q(t) = q_0 \cos \omega_0 t, \text{ где } \omega_0 = \sqrt{\frac{1}{L(C_1 + C_2)}}$$

Электрлік жүйеде гармониялық тербеліс отнағаннан кейінгі бөлініп шыққан жылуды аналогия әдісі арқылы төмендегідей түрде жазааламыз:

$$Q = \frac{q_0^2}{2C_1} \cdot \frac{q_0^2}{2(C_1 + C_2)}$$

Қорытынды

Аналогия – физикалық құбылыстарды, оның ішінде, әсіресе, тербелістер және толқындар жөніндегі күрделі мәселелерді оқушыларға жеткізудің, түсіндірудің өте жақсы әдісі. Оны сабақта тиімді және шығармашылықпен қолдану оқушылардың пәнге қызығушылығын арттырумен бірге физикалық құбылыстардың табиғатына терең талдау жасап, олардың арасындағы өзара байланысты тереңірек түсіндіруіне септеседі.

Әдебиеттер тізімі

1. Башарұлы Р, Шүнкеев Қ. және т.б. Жалпы білім беретін мектептің жаратылыстану-математика бағытындағы 11-сыныбына арналған оқулық – Алматы. Атамұра – 2020 ж.
2. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Чаругин В.М. Учебник. Физика 11 класс. – М. Просвещение, 2010.
3. Фейнмановские лекции по физике. Т.1-2. – М.: Мир, 1977.
4. Мукушев Б.А. Применение второго закона Ньютона при изучении движения тела в трехмерном пространстве // Физика в школе. – 2020.- №5.
5. Козел С.М. Физические аналогии // Квант – 1975. - №11.
6. Бутиков Е.И. и др. Физика для поступающих в вузы. – М.: Наука. – 1982.

References

1. Basharly R., Shunkeev K., etc. Zhalpy bilim beretin mekteptin zharatylystanu-matematika bagytyndagy 11-synybyna arnalgan okulyk [Textbook for the 11th grade of the General Education School of natural and mathematical direction] (Atamura, Almaty, 2020).
2. Myakishev G. Ya., Bukhovtsev B. B., Charugin V. M. Uchebnik. Fizika. 11 klass [Textbook. Physics. 11 class] (Prosveshchenie, Moscow, 2010).
3. Fejnmanovskie lekci po fizike [Feynman lectures on physics] Vol. 1-2 (Mir, Moscow, 1977).
4. Mukushev B. A. Primenenie vtorogo zakona N'jutona pri izuchenii dvizheniya tela v trehmernom prostranstve [Application of the second law of Newton in the study of the motion of the body in three-dimensional space], Fizika v shkole [Physics at school], 5 (2020).
5. Kozel S. M. Fizicheskie analogii [Physical analogies] Kvant [Quantum], 11 (1975).
6. Butikov E. I. et al. Fizika dlja postupajushhih v vuzy [Physics for entering universities] (Nauka, Moscow, 1982).

A.B. Mukushev¹, B.A. Mukushev², B.A. Prmantaeva³

¹Financial Academy JSC, Nur-Sultan, Kazakhstan

²S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Nur-Sultan, Kazakhstan

³L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

Application of the analogy method in teaching physics in secondary school

Abstract. The article describes the ways of applying the method of analogy – one of the methods of scientific knowledge in the study of physics in high school. The characteristic of two types of the method of analogies used in the process of studying physics is given. These are static and dynamic analogies. Among the listed methods of analogy, the dynamic analogy is comprehensively considered. The heuristic function of the dynamic analogy method in solving problems on mechanical and electrical oscillations is revealed. The considered problems belong to the type of Olympiad problems.

Keywords: method of analogies, static and dynamic analogies, mechanical and electrical oscillations, load in springs, oscillatory circuit.

А.Б. Мукушев¹, Б.А. Мукушев², Б. Прмантаева³

¹АО «Финансовая академия», Нур-Султан, Казахстан

²Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, Нур-Султан, Казахстан

³Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

Применение метода аналогии при обучении физике в средней школе

Аннотация. В статье изложены пути применения метода аналогии – одного из методов научного познания при изучении физики в средней школе. Дана характеристика двух видов метода аналогий, ис-

пользуемых в процессе изучения физики. Это статические и динамические аналогии. Среди перечисленных методов аналогии всесторонне рассматривается динамическая аналогия. Раскрыта эвристическая функция метода динамической аналогии в решении задач на механические и электрические колебания. Рассмотренные задачи относятся к типу олимпиадных задач.

Ключевые слова: метод аналогий, статические и динамические аналогии, механические и электрические колебания, груз в пружинах, колебательный контур.

Авторлар туралы мәліметтер:

Мукушев А.Б. – корреспондентия үшін автор, «Қаржы академиясы» АҚ-ның доценті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан.

Прмантаева Б.А. – ф-м.ғ.к., профессор, сапаны бағалау орталығының басшысы, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан.

Мукушев Б.А. – С.Сейфуллина атындағы Қазақ агротехникалық университеті профессоры, Нұр-Сұлтан, Қазақстан.

Mukushev A.B. – **Corresponding author**, Associate Professor of JSC «Financial Academy», Nur-Sultan, Kazakhstan

Prmantayeva B.A. – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of the Quality Assessment Center, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Mukushev B.A. – Professor of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Nur-Sultan, Kazakhstan.