УДК: 378.22
DOI 10.33514/1694-7851-2023-1-137-142

Мааткеримов Н.О.
пед. илим. док., проф.
Ж. Баласагын атындагы Кыргыз улуттук университети
Шаршенова Х.А.
ага окутуучу
И. Арабаев атындагы Кыргыз мамлекеттик университети

ПАЙДУБАЛДУУ ФИЗИКАЛЫК ӨЗ АРА АРАКЕТТЕНҮҮЛӨР ЖӨНҮНДӨ ИЛИМДЕРДИ СИСТЕМАЛАШТЫРУУ

Аннотация: Макалада пайдубалдуу физикалык өз ара аракеттенүүлөрдүн касиеттери кыскача мүнөздөлдү. Физикалык талааларды үйрөнүүдө өз ара аракеттенүүлөр түшүнүктөрү менен байланыштырып окутуунун зарылдыгына көнүл бөлүндү. Физикалык өз ара аракеттенүүлөр жөнүндө билимдерди этаптар боюнча системалаштырууну физикалык талаалардын түшүнүктөрүн калыптандыруу жана өнүктүрүүнү уланмачылуулукту пайдалануунун негизинде сунуштоолор берилди.

Негизги сөздөр: пайдубалдуу физикалык өз ара аракеттенүүлөр, талаанын материалдуулугу, талаалардын кванттары, элементардык бөлүкчөлөр, физикалык өз ара аракеттенүүлөрдү системалаштыруу.

Мааткеримов Н.О.
док. пед. наук, проф.
Кыргызский национальный университет имени Ж. Баласагына
Шаршенова Х.А.
старший преподаватель
Кыргызский государственный университет имени И. Арабаева

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ЗНАНИЙ О ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

Аннотация: В статье кратко охарактеризованы свойства фундаментальных физических взаимодействий. Обращается внимание на необходимость связи изучения физических полей с понятием взаимодействия. Предложены рекомендации поэтапной систематизации знаний о физических взаимодействиях на основе преемственности формирования и развития понятий о физических полях.

Ключевые слова: фундаментальные физические взаимодействия, материальность поля, кванты полей, элементарные частицы, систематизация физических взаимодействий.

Maatkerimov N.O.
Doctor of Pedagogical Sciences, Professor
Kyrgyz National University named after J. Balasagyn
Sharshenova H.A.
Senior Lecturer
Kyrgyz State University named after I. Arabaev

SYSTEMATIZATION OF KNOWLEDGE ABOUT FUNDAMENTAL PHYSICAL INTERACTIONS

Annotation: the article briefly describes the properties of fundamental physical interactions. Attention is paid to the need to link the study of physical fields with the concept of interaction. Recommendations forstep-by-step systematization of knowledge about physical interactions based on the continuity of formation and development of concepts about physical fields are proposed.

Keywords: fundamental physical interactions, field materiality, field quanta, elementary particles, systematization of physical interactions.

Заманбап мезгилдин жаш муундары убакыттын улам өтүшүндө өзүнүн турмушун азыркы илимдин жетишкендиктери, анын усулдары, илимий ойлому, Ааламга жана булардын ичинде адамдын ээлеген ордуна жалпыланган бөлүкчөлөрдөн баштап алыскы космостун пайдубалдуу түзүмдөрүн изилдегендиктен, сүрөттөлүшүнүн башкы идеяларын калыптоого талаптанат [1].

Материянын эки негизги түрү катары-зат жана талаанын материалдык бирдиктүүлүк фактысы адамзат үчүн терең дүйнөтаанымдык мааниге ээ болот. Мурда узак убакытта заттар жана физикалык талаа обочолонтулуп окутулчу, кийин гана микродүйнөнүн кубулуштарын үйрөнүүдө зат менен талаанын ортосундагы айырмачылык салыштырмалуу мүнөзгө ээ болору көрсөтүлдү, ал эми макроскопиялык кубулуштарда айырма чындыктуу болот.

Физикалык талаа жөнүндө түшүнүк дүйнөнүн физикалык сүрөттөлүшүндө эң маанилүү пайдубалдуу түшүнүктөрдүн бири болуп эсептелет жана физикалык теориянын түзүмүндө аныкталган ролду аткарат. Физикалык талааны материянын негизги түрлөрүнүн бири катары аныктаса болот, ал макроскопиялык кубулуштарда затка салыштырмалуу кескин түрдө айырмаланат. Талаа өз ара аракеттенүүнү берүүнүн материалдык ташуучусу болуп эсептелет жана заттын бөлүкчөлөрү менен системаларды байланыштыруу касиети ээлейт.

Физикалык талаанын материалдуулугунун идеясы жана өз ара аракеттенүүнүн талаалык мүнөзүнүн универсалдуулугу зор мааниге ээ болот. Мунун негизинде окуучулардын физикалык талаалардын ар кандай түрлөрү жана алардын ар түрдүү өз ара аркеттенүүлөрү менен байланышы жөнүндө билимдерин системалаштыруусу жүзөгө ашырылат. Физикалык талаалардын маанилүү белгилерин – анын материалдуулугу, талаанын таралышынын чектелген ылдамдыгы жана талаанын адамдын сезүү органдарына, приборлорго, каалаган башка материалдуу нерселерге таасир этүү жөндөмдүүлүгүн окутууну тиешелүү өз ара аракеттенүү жөнүндө түшүнүктү өздөштүрүү менен байланыштыруу зарыл [3].

Тарыхый жагынан караганда эң алгачкы *гравитациялык* өз ара аракеттенүүнүн закону И. Ньютон тарабынан ачылган жана анда Жердеги, Күн системасындагы, космостогу нерселер жана элементардык бөлүкчөлөр катышат. Булөз ара аракеттенүү алыска таасир этүүчү болуп саналып, телолор менен бөлүкчөлөрдүн өз ара тартылуусунда сезилет, жаратылыштагы эң алсыз өз ара аракеттенүү болуп саналат, заряддык көз каранды эместик касиетке жана алмаштыруу мүнөзгө ээ болот. Гравитациялык өз ара аракеттенүү талаасынын квантынын катарында гравитон- элементардык бөлүкчөсү эсептелет. Жакында аны эксперимент жүзүндө табуу аракеттер ийгиликтүү аяктагандыгы жөнүндө кабар берилди[4]. Гравитондун тынч абалында массага ээ болбошу божомолдонот, бул гравитациялык талаанын алыска аракет этүүсүн түшүндүрөт. Анын таралышынын ылдамдыгы жарыктын таралуу ылдамдыгына барабар болушу макроскопиялык деңгээлде билинип жатат.

Гравитациялык өз ара аракеттенүү асман дагы нерселердин кыймылын, бир жагынан алардын түзүлүшүн аныктайт, ошондой эле бул өз ара аракеттенүү Жердеги бардык телолордун кыймылы үчүн олуттуу болуп саналат. Мындай татаал түшүнүктү калыптандыруу жана өнүктүрүү мектептин окуу процессинде бир канча жылда жүргүзүлөт. Ошону менен бирге аны үйрөтүүнүн айрым этаптары узак убакыттык интервалдар менен коштолот. Ошондуктан «физикалык талаа» түшүнүгүн калыптандырууда уланмалуулук принцибин ишке ашыруу маселелерди чечмелөөдө мурда өздөштүрүлгөн билимдердин элементтери жана жаңы таанышып аланып физика жана табигый илимий окуу предметтерди үйрөнүүнүн

жыйынтыгында кабыл алынган билгичтиктерди тыкыс байланыштыруу биринчи даражадагы мааниге ээ болот [3].

Электромагниттик өз ара аракеттенүүдө электрдик зарядка ээ болгон баардык бөлүкчөлөр катышат. Электромагниттик өз ара аракеттенүү алыска аракет кылуучу болуп, материяны ташуу менен байланышкан. Анын материалдык ташуучусу болуп электромагниттик талаа эсептелет, электромагниттик өз ара аракеттенүүнүн таралуу ылдамдыгы жарыктын ылдамдыгына барабар, универсалдуу болуп саналып, алмаштыруу мүндалып жүрөт. Электромагниттик өз ара аракеттенүүнүн талаасынын кванты катары, мисалы көрүнүүчү ак жарыктыкы элементардык бөлүкчөсү- нөлгө барабар, фотон эң кыска мөөнөттөгү убакытта, башкача айтканда виртуалдуу түрдө бар болот. Электромагниттик өз ара аракеттенүүнүн теориясы жетишерлик түрдө иштелип чыккандыгына карабастан, дагы эле бир катар кыйынчылыктар орун алууда, мисалы электрондун массасынын өздүк электромагниттик талаасы менен өз ара аракеттенүүдө өзгөрүшүн формалдуу эсептеп чыгарууда кванттык физиканын алкагында чексиз болушу мүмкүн.

Электромагниттик өз ара аракеттенүү Жердин астында жана үстүндөгү шарттарда, ошондой эле космостук мейкиндиктеги көптөгөн физикалык кубулуштарда да байкалат – булар ар түрдүү толкун узундуктагы электромагниттик нурдануулар, кай бир жандуу организмдерде, статикалык жана магниттик талаалар ж.б. Электромагниттик өз ара аракеттенүү микродүйнөдө (10^{-8}дан 10^{-15}га чейинки чөйрөдө) чечүүчү ролду аткарат, анткени дал өзү электрондор менен ядрону атомго бириктирет. Электромагниттик талаа электромагниттик өз ара аракеттенүүнүн материалдуу ташуучусу болуп саналат, фотондук түзүмгө ээ болуп, электр заряддарга жана электр токторго, турактуу жана өзгөрмөлүү магниттерге жасаган анын таасири аркылуу байкалган материянын түрү катары аныкталат. Электромагниттик талаанын эркин абалында бар болуусун азыркы убакта эч кандай күнөм саноолор болбойт. Микроскопиялык көз караш боюнча эркин талаа элементардык бөлүкчөлөрдөн – талаанын кванттарынан (фотондордон) түзүлүп турат.

Алсыз өз ара аракеттенүүдө лептондор менен кварктар катышат, алсыз өз ара аракеттенүүнү жиберүүдө материалдык ташычуусунун ролун алсыз талаа аткарат. Бул өз ара аракеттенүү-жакынкы аракет этүүчү, интенсивдүүлүгү боюнча-күчтүү жана электрмагниттиктерден кийин-үчүнчүсү, борбордук болуп эсептелет, заряддык көз карандысыздык касиетине ээ болот. Алсыз өз ара аракеттенүүнүн талаасынын кванттары болуп вектордук бозондор деп аталган W^{+}, W^{-}, Z^{0}, W^{+-} – бөлүкчөлөр (алар эксперимент жүзүндө 1983-ж. Швейцарияда ЦЕРНде ачыкталган [5]) катышат. Кварктар менен лептондордун алсыз өз ара аракеттенүүлөрү аралыктык бозондордун алмашуулары менен жүзөгө ашырылаары белгилүү болгон. Алсыз өз ара аракеттенүүнүн теориясында орун алган массага ээ болгон төрт вектордук бозондордун арасынан фотондун гана тынч абалында массасы нөлгө барабар болот. Алсыз өз ара аракеттенүү негизинен бир топ ажыроолорго: ядролордун бета-ажыроосу, „укмуштуу“ бөлүкчөлөрдүн ажыроосуна ж.б. жооптуу болот, бөлүкчөлөрдүн чачыроосу нейтринонун катышуусу менен процесстер дагы белгилүү.

Өз ара аракеттенүү жана физикалык талаа жөнүндө түшүнүктөрдү үйрөнүүдө алардын ортосунда ажырымдар алсыз жана күчтүү өз ара аракеттенүүлөрдү окутууда байкалат.

Күчтүү өз ара аракеттенүү кыскада аракет этүүчү болуп саналат, бөлүкчөлөрдүн ара тартылуу жана түртүлүүсүндө билинет, жаратылышта башкаларынан эң жогорку интенсивдүүлүгү менен айырмаланат, борбордук эмес, көлөмдүү мүнөзгө ээ болот; эки элементардык бөлүкчөлөрдүн ортосунда үчүнчү бөлүкчө менен өз ара алмашуунун эсебинен жүргүзүлөт, ал эми ошол үчүнчү бөлүкчо өз ара аракеттенүүнүн ташуучусу болуп, негизделген талаанын кванты катары эсептелет. Кварктардын күчтүү өз ара аракеттенүүсүнүн кванты катары „глюон“ элементардык бөлүкчөсү сыпатталат. Бүгүнкү күнгө чейин кварктар менен глюондор эркин абалында табыла элек.бардык күчтүү аракеттенүүчү бөлүкчөлөр кварктардан турат, алардын ортосундагы байланыш күчтүү өз ара аракеттеништин ташуучулары-глюондор менен алмашуу (бири бирине берип – алуу) жолу аркылуу ишке ашырылат. Байла-

ныштын күчү кварктардын ортосундагы аралыктын өсүшү менен жогорулайт, муну кылды керип-чойгондо анын тартылуусунун күчөшүнө окшош болот. Ал эми кичине аралыктарда адрондордогу кварктар практика жүзүндө эркин абалда болушат. Күчтүү өз ара аракеттенүүлөрдүн эң маанилүү билиниши – бул протон жана нейтрондордон турган байланышкан системалардын бар болушу, башкача айтканда нуклондордон ядролордун пайда болушу болуп саналат. Ядролордун өтө кичине өлчөмдөрүнө себептүү аларда негизги ролду күчтүү гана өз ара аракеттенүүлөр аткарат, ошондуктан ядролордун касиеттери жана мүнөздөмөлөрү күчтүү өз ара аракеттеништердин касиеттеринен келип чыгышы керек. Ал эми тескерисинче бул касиеттер жөнүндө ядролордун мүнөздөмөлөрүнөн жыйынтык чыгарууга мүмкүн болот.

Окуучулар менен студенттердин табигый илимий билимдери жана билгичтиктери ой жүгүртүүнүн чыныгы аппараты болоорунун негизги өбөлгөлөрү – булар качан гана өз ара байланышкан түшүнүктөрдүн системасында уюшулгандыкта болушу. Ал эми билимдерди *систематлаштыруунун* обьективдүү шарты окуу дисциплинанын (же предметтин) логикалык түзүмүндө иерархиялык иретте баштапкы фактылар, теориялар, принциптер, закондор, эксперименттик сыноолор, тыянактарды жалпылоолорду аңдоо менен өздөштүрүү болуп эсептелет. Окуу процессинде билимдердисистемалаштырууда кандайдыр бир окуу материалдын бөлүмүнө тиешелүү түзүлгөн физикалык түшүнүктөрдү интерпретациялоо, баштапкы фактыларды жалпылоо, эксперименттин жыйынтыктарын иштеп чыгууларын камтыган түзүмдүк- логикалык схемалар, графиктер, диаграммалар ж.б. түрүндө пайдаланылат [2]. Физикалык өз ара аракеттенүүлөрдүн түрлөрү жөнүндө билимдерди системалаштырууда талаанын формалары, материалдык ташуучулары, бөлүкчөлөрдүн типтери, физикалык мүнөздөмөлөрү ж.б. чагылдырган таблицага топтолушу төмөнкүлөргө мүмкүндүктөрдү

Таблица – Пайдубалдуу физикалык өз ара аракеттенүүлөр жөнүндө окуучулардын билимдерин системалаштыруу

Өз ара аракеттенүүнүн түрү	Физикалык талаа	Материалдык ташуучусу	Радиусу (см)	Бөлүкчөлөр	Физикалык аракеттенүү аймагы
гравитациялык	Гравитациялык талаа	Гравитон	∞	Баардык нерселер жана бөлүкчөлөр	Жерде, планеталарда,жылдыздарда ж.б. телолордун кыймылы жана өз ара аракеттенүүсү
Электромагниттик	Электрдик,магниттик талаалар	Фотон	∞	Баардык электр заряддалган бөлүкчөлөр	Атомдук-молекулалык ядролор,атомдук спектрлер,молекулалык физиканын дүйнөсү
Алсыз	Алсыз талаа	Вектордук бозондор(W^+,W^-, W^0)	10^{-16}	Лентондор жана кварктар	Ядролордун β-ажыроосу, укмуштуу бөлүкчөлөрдүн ажыроосу, бөлүкчөлөрдүн чачырашы ж.б.
Күчтүү	Күчтүү талаа	Глюондор	10^{-13}	Кварктар	Адрондордо кварктардын кармалышы, бөлүкчөлөрдүн пайда болушу жана бири бирине айланышы
ядролук	Ядролук талаа	Пиондор жана каондор	$2\cdot10^{-16}$	нуклондор	Ядродо нуклондордун кармалышы, бөлүкчөлөрдүн пайда болушу жана бири бирине айланышы

түзөт(таблицаны караңыз):

- өз ара аракеттенүүнүн жана алардын талааларынын физикалык мүнөздөмөлөрүн талдоо менен синтездөө, салыштыруу жана теңдештирүүнү колдонуу;
- окуучулар менен студенттердин турмуштук тажрыйбасына таянуу менен билимдерин аңдоо аркылуу байланыштарды жүзөгө ашыруу;
- өз ара аракеттенүүлөр жөнүндө билимдердин айрым элементтердин жана ар түрдүү система бөлүктөрүнүн ортосунда байланыштарды түзүү билгичтиктерди калыптандыруу.

Физикалык өз ара аракеттенүү түшүнүгүн калыптандыруу жана өнүктүрүү процессинде уланмалуулук принципти толук кандуу жүзөгө ашыруу үчүн мурдагы этаптарда үйрөнүүдө эмнелер өздөштүрүлгөндүгүн жетиштүү дааналык жана толуктук менен билүү зарыл, учурдагы этапта кандай белгилерди окутуш керек, кийинки класстарда кайсыл деңгээлде тиешелүү түшүнүктөрдү калыптоону мугалим алдын ала пландаштырууга тийиш. Башкача айтканда өз ара аракеттенүүлөрдүн түшүнүктөрүн калыптандыруунун бүт процессин элестетүү керек. Ал үчүн физика боюнча программаны жана окуу китептерди талдоонун негизинде физикалык өз ара аракеттенүүлөрдүн түшүнүктөрүн өнүктүрүүнүн негизги этаптарын бөлүп чыгып, ар бир этапта окуучуларга кайсы билимдердин элементтерин үйрөтүүнү тактоо зарыл.

Түшүнүктөрдү калыптандыруунун баштапкы этабы катары физикалык талаалар жана өз ара аракеттенүүлөрдү окуучулардын аң сезиминде жаңыдан пайда болуу мезгилди эсептесе болот. Андан кийин ой жүгүртүү аракеттердин татаал комлекси ишке ашырылат, мында үйрөнүүчү обьектини сезүүлөр, элестетүүлөр жана кабыл алуудан талдоого, абстракциялоого, маанилүүсүн бөлүп чыгарууга, андан ары орчундуу белгилерин синтездөө жана жалпылоого багыт алынат.

Физикалык өз ара аракеттенүүнүн түшүнүктөрүн андан аркы абстрактуудан конкреттүүгө өнүгүшүн этаптардын удаалаш түрүндө элестетүүгө болот, бул учурда түшүнүктөр кеңейтилет жана байытылат жана мурда окутулганга караганда жогорку деңгээлде жалпылоонун негизинде аныкталган обьектилер конкреттелишет. Түшүнүктү өнүктүрүүнүн негизги этаптарынын сызыктуу жайланышы мурдагы этапта өздөштүрүлгөндөрдү толук мурастаганды түшүндүрүп, алардын түздөн-түз байланышын жана уланмалуулугун билдирет. Физикалык өз ара аракеттенүүлөрдүн негизги түшүнүктөрүн калыптандыруу жана өнүктүрүүдө уланмалуулукту жүзөгө ашыруу окуучулардын билимдерин системалаштыруу боюнча ишмердүүлүгү менен тыгыз байланышта болот, анткени пайдубалдуу өз ара аракеттенүүнүнбилимдеринин айрым элементтердин ортосунда да, ошондой эле билимдердин системасынын түзүмүндөгү бөлүмдөрдүн ичинде да байланыштар пайдаланылат. Түшүнүктөрдү калыптандырууда уланмалуулук бир жагынан билим берүүнүн бир шарты болуп чыгып, экинчи жагынан билимдерди системалаштыруу боюнча максаттуу багытталган ишмердүүлүк ар бир этаптарда өздөштүрүлгөн түшүнүктөрдүн белгилерин бириктирүүгө көмөктөшөт.

Мектептеги физика предметине негизинен ЖОЖдогу физика курсунда орун алган кээ бир мүчүлүштөр таандык болгон. Мисалы, гравитациялык өз ара аракеттенүүлөр талаалык элестетүүлөрдү тартуу менен окулбайт, б.а. практика жүзүндө алыскы аракеттенүү планында берилет. Ядродогу өз ара аракеттенүүнү окутууда ядролук өз ара аракеттенүү түшүнүгү пайдаланылбайт, практика жүзүндө алсыз менен күчтүү өз ара аракеттенүүлөр жана алардын талаалары үйрөтүлбөйт. Мектептин курсунда электромагниттик өз ара аракеттенүү теориялыкда, практикалык эксперименттик жагынан да дээрлик толук берилген. Биздин пикирибиз боюнча физикалык талаанын аныктамасынын негизинде жалпысынан материянын түрү түшүнүгү болушу зарыл, ал эми аныктоодо талаанын түзүмдүк элементтери «күчтөрдүн динамикалык талаасы» жана «физикалык реалдуулук» бири-бири менен өз ара байланышкан

[7]. Мында биринчи учурда биз абстрактуу-математикалык мамиле, экинчи учурда мазмундук мамиле менен кезигебиз. Бул эки мамиленин айкалышы аркылуу физикалык маанисинин биримдегине жетишүү мүмкүн болот.

Окуучулар менен студенттерге «физикалык өз ара аракеттенүү» түшүнүгүн жогорку деңгээлде калыптандырууда билимдерди системалаштыырууну ишке ашырганда бул түшүнүктү туюнткан билимдердин элементтерин жалпылантуу зарыл болот. Ал үчүн окутуучу жаңы байытылган түшүнүктүн маңыздуу белгилеринин жыйындысын формулировкалап, анын башка түшүнүктөрү менен болгон орчундуу байланыштарын, ал камтыган обьектилердин жыйындысын бирдиктүү карашы зарыл. Бул учурда теориялык материалды дифференцирлеп, кайсыл билимдерди өздөштүрүүдө түшүнүү гана жетиштүү болорун, ал эми кайсыларын бышыктап эске тутуу керек, эң маанилүүлөрүн бейтааныш жагдайларда колдоно билип, татаал маселелерди чыгармачыл деңглде чыгарууга даяр болушу зарыл экендигин талаптарды коет.

Жаратылышты заманбап түшүнүүдө кылдардын (струны) теориясын түзүүдө физик-окумуштуулардын чоң үмүттөрү бар. Анын жетишкендиктери мейкиндиктин, убакыттын жана материянын (анын ичинде жаңы түрлөрүн) маңызын терең түшүнүүгө алып келет [4]. Кийинки убакта физика илими табиятта Н.Бор белгилеген: «Келечектеги физика илими адамдын аң-сезимин камтышы керек» [6]. Азыр Ааламдын эволюциясын, тең салмактуу эмес процесстердин, алардын теорияларын жана дүйнөдө адамдын бар экендигин мыйзамдаштырган, анын таанып билүү жана аракеттенүү жөндөмдүүлүгү менен антроптук принциптин ачылыштары илимди адамдык ченөө аркылуу пайдубалдуу өз ара аракеттенүүлөрдүн арасына крүүгө мүмкүн. Ошентип окуучулар жана студенттердин көңүлүн адамзат менен космостун бирдиктүүлүгүнө бурушубуз зарыл. Ал үчүн толеранттуулукка жана маданияттардын диалогуна негизделген ойломдун жаңы түрүн калыптандыруу – бул дүйнөнүн табигый-илимий сүрөттөлүшүн мындан ары өнүктүрөт.

Колдонулган адабияттар:

1. Разумовский В.Г. Естественнонаучное образование и конкурентоспособность // Педагогика. – 2013. – №7. – С. 14–26.

2. Жайнаков А.Ж., Мааткеримов Н.О. совершенствование технологии обучения физике на основе моделирования // мат-лы IV-ой Междунар. Науч.-практич. Конф. «Актуальные проблемы теории и практики подготовки педагогических кадров». – Бишкек: КНУ им. Ж. Баласагына, ОсОО «Макспринт», 2019. – С. 168–173.

3. Мамбетакунов Э. Табигый-математикалык предметтердин мугалимдерин даярдоо системасы // Ж. Баласагын ат. КУУнун Жарчысы, 2011. – 253–258-б.

4. Митио Каку. Физика невозможного: Альпина нон-фикшы ISBH 978-5-91671-024-3. – М., 2017.

5. Казаков Д.И. Хиггсовский бозон открыт: что дальше? // Успехи физических наук. – 2014. – Т. 184, 119. – С. 1004–1016.

6. Шредингер Э. что такое жизнь с точки зрения физики. – М., 1972.

7. Мааткеримов Н.О., Шаршенова Х.А. Болочок педагогдордун физика боюнча илимий-усулдук даярдыгын мультимедиялык каражаттар менен жетилтүү // И. Арабаев ат. КМУнун Жарчысы. – 2018. – 112. – 1-бөлүк. – 172–177-б.

Рецензент: физ.-мат. илим. канд., доц. Артыкова С.И.