

ӘОЖ 378.147:53:004.94

МОЛЕКУЛАЛЫҚ ФИЗИКАНЫ ОҚЫТУДАҒЫ "ЕСЕПТЕУ-ВЕРИФИКАЦИЯ" ӘДІСТЕМЕСІНІҢ ТИІМДІЛІГІ: PHET ЖӘНЕ NETLOGO ОРТАЛАРЫНДАҒЫ ЭКСПЕРИМЕНТТІК ТАЛДАУ

Баян Әлихан Толқынұлы

магистрант, 2-ші курс, «Физика пәні мұғалімдерін даярлау» білім беру бағдарламасы, Астана Халықаралық университеті, Астана қ.
Қазақстан

Бұл мақалада жоғары оқу орындарында молекулалық физика курсы оқытудың тиімділігін арттыруға бағытталған авторлық «есептеу-верификация» әдістемесін практикалық апробациялау нәтижелері жан-жақты баяндалады. Зерттеудің өзектілігі болашақ физика мұғалімдерінің абстрактілі математикалық модельдер мен микроскопиялық деңгейдегі нақты физикалық құбылыстар арасындағы концептуалды байланысты орнату қажеттілігімен айқындалады. Жұмыстың негізгі жаңалығы ретінде PhET Colorado феноменологиялық симуляциялары мен NetLogo агенттік модельдеу ортасын кешенді түрде интеграциялау арқылы студенттердің теориялық есептеулерін виртуалды эксперимент мәліметтерімен салыстыру алгоритмі ұсынылған. «Физика-25 А» тобында жүргізілген педагогикалық эксперимент барысында студенттердің аналитикалық есептеулерді компьютерлік модельдер арқылы верификациялау дағдылары талданды. Статистикалық мәліметтер көрсеткендей, ұсынылған әдістемені енгізу нәтижесінде білім алушылардың сапалық көрсеткіші 42%-дан 79%-ға дейін өсті, ал респонденттердің 85,3%-ы виртуалды модельдеудің күрделі статистикалық заңдылықтарды ұғынудағы жоғары тиімділігін растады. Мақалада NetLogo ортасындағы микроскопиялық флуктуацияларды талдау мен PhET манометрлерінің көрсеткіштерін сәйкестендіру арқылы когнитивті алшақтықты жою мәселелері қарастырылған. Зерттеу қорытындылары бұл әдістеменің студенттердің зерттеушілік құзыреттілігін дамытудағы және физикалық процестерді терең түсінудегі стратегиялық маңызын дәлелдейді.

Кілт сөздер: МКТ, NetLogo, PhET Colorado, есептеу-верификация, цифрлық модельдеу, когнитивті алшақтық, физиканы оқыту әдістемесі, статистикалық флуктуациялар, агенттік модельдеу.

Кіріспе. Қазіргі таңда жоғары білім беру жүйесінде болашақ физика мұғалімдерін даярлау сапасын арттыру және олардың цифрлық құзыреттілігін қалыптастыру стратегиялық маңызды міндеттердің бірі болып табылады. Физикалық білім берудің мазмұны тек теориялық заңдылықтарды меңгерумен

шектелмей, сонымен қатар күрделі микроскопиялық процестерді концептуалды деңгейде түсінуді талап етеді. Молекулалық-кинетикалық теория (МКТ) бөлімін оқыту барысында студенттер жиі кездесетін негізгі мәселе — абстрактілі математикалық формулалар мен нақты физикалық құбылыстар арасындағы логикалық байланыстың болмауы, яғни «когнитивті алшақтық» мәселесі. Студенттер газдың микроскопиялық параметрлерін (қысым, температура, көлем) есептеу барысында олардың статистикалық табиғатын, атап айтқанда, миллиондаған бөлшектердің ретсіз қозғалысы мен соқтығысуының нәтижесі екенін толық сезіне алмайды. Бұл білім алушылардың бойында физикалық заңдылықтарды тек жаттауға бағытталған «формальды» білімнің қалыптасуына әкеледі. Осы мәселені шешу мақсатында біз PhET Colorado феноменологиялық симуляциялары мен NetLogo агенттік модельдеу ортасын интеграциялайтын авторлық «есептеу-верификация» әдістемесін ұсынамыз. Зерттеудің өзектілігі виртуалды модельдеуді жай ғана көрнекі құрал ретінде емес, студенттердің аналитикалық есептеулерін тексеруге және дәлелдеуге арналған ғылыми верификация құралы ретінде пайдалану қажеттілігімен айқындалады. PhET платформасы микроскопиялық заңдылықтарды визуализациялауға мүмкіндік берсе, NetLogo ортасы әрбір бөлшектің импульсі мен траекториясын бақылау арқылы термодинамикалық флуктуацияларды зерттеуге жол ашады. Осылайша, «есептеу-верификация» әдістемесі студенттердің зерттеушілік әлеуетін арттырып, олардың теориялық білімін практикалық тәжірибемен ұштастыруға мүмкіндік береді. Тәжірибелік-эксперименттік жұмыстар «Физика-25 А» тобының базасында жүргізіліп, алынған нәтижелер компьютерлік модельдеу мен аналитикалық ойлаудың синтезі білім сапасын айтарлықтай жақсартатынын көрсетті. Мақаланың мақсаты — аталған әдістеменің құрылымын сипаттау және оның студенттердің физикалық үдерістерді концептуалды түсінуіне тигізетін әсерін статистикалық тұрғыдан дәлелдеу.

Зерттеудің ғылыми аппараты және әдістемесі

Зерттеу мақсаты: Молекулалық физика курсына «есептеу-верификация» әдістемесін қолдану арқылы студенттердің аналитикалық есептеу дағдылары мен концептуалды түсініктерін жүйелі түрде дамыту және оның тиімділігін статистикалық тұрғыдан дәлелдеу.

Зерттеу нысаны: Жоғары оқу орнындағы «Физика» мамандығы студенттеріне молекулалық-кинетикалық теория бөлімін оқыту процесі.

Зерттеу пәні: PhET Colorado және NetLogo цифрлық платформалары негізіндегі виртуалды модельдеудің оқыту әдістемесі.

Ғылыми жаңалығы: Білім беру үдерісіне алғаш рет «есептеу-верификация» алгоритмі енгізілді. Бұл әдістеме симуляцияны жай ғана иллюстрация ретінде емес, студенттің өздігінен орындаған математикалық есептеулерінің дұрыстығын тексеретін және физикалық параметрлердің

статистикалық табиғатын ашатын негізгі верификация құралы ретінде қарастырады.

Зерттеу әдістері: Теориялық талдау, педагогикалық эксперимент, «Физика-25 А» тобы студенттерінің (16 адам) жұмыс нәтижелерін статистикалық өңдеу, сауалнама және когнитивті жайлылық деңгейін бағалау.

Для третьей статьи этот раздел должен быть самым объемным и детальным, так как он описывает твой личный вклад. Я подготовил максимально подробное описание хода эксперимента на казахском языке, включив конкретные задачи, вопросы и методические приемы.

Педагогикалық эксперименттің жүргізілу барысы және практикалық кезеңдері

Зерттеудің практикалық бөлімі Халықаралық Астана Университетінің «Физика-25 А» тобында (16 студент) жүзеге асырылды. Педагогикалық эксперименттің басты ерекшелігі — білім алушыларды пассивті бақылаушыдан белсенді зерттеушіге айналдыратын «есептеу-верификация» циклін енгізу болды. Процесс бес негізгі кезеңге бөлінді:

1. Констатациялаушы кезең (Бастапқы диагностика)

Эксперимент басында студенттердің МКТ бөлімі бойынша базалық білімі мен концептуалды түсінігін анықтау үшін Pre-test алынды.

• **Бақылау сұрақтарының мысалы:** «Газ қысымының микроскопиялық табиғатын қалай түсіндіресіз?», «Неліктен манометр тілі тербелмей, тұрақты мәнді көрсетеді?».

• **Нәтиже:** Студенттердің 60%-ы қысымды тек формула ретінде қабылдайтынын, оның молекулалар соқтығысуынан туындайтын статистикалық шама екенін терең ұғынбайтынын көрсетті. Бастапқы білім сапасы — **42%**.

2. Аналитикалық есептеу кезеңі (A-Phase)

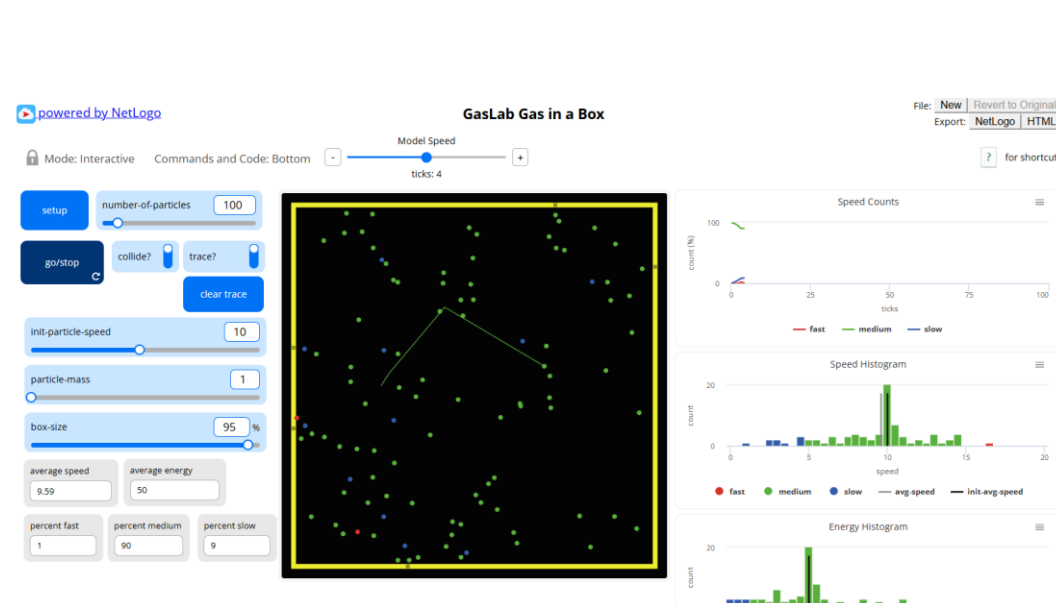
Бұл кезеңде студенттерге симуляциясыз, тек теориялық аппаратты қолданып шығаруға арналған күрделілігі жоғары есептер берілді.

• **Эксперименттік тапсырма:** «Көлемі 1000 усл. бірлік сосудтағы $N=500$ бөлшектен тұратын, температурасы $T=300\text{K}$ идеал газдың қысымын есептеңіз. Бөлшектің массасы мен жылдамдығы берілген».

• **Мақсаты:** Студент симуляцияда тексеруге болатын «теориялық эталонды» (сандарды) алдын ала алуы тиіс.

3. NetLogo ортасындағы микро-верификация (V-Phase Micro)

Бұл кезеңде студенттер NetLogo (GasLab) бағдарламасын іске қосып, өз есептерінің параметрлерін модельге енгізді.



1-сурет.

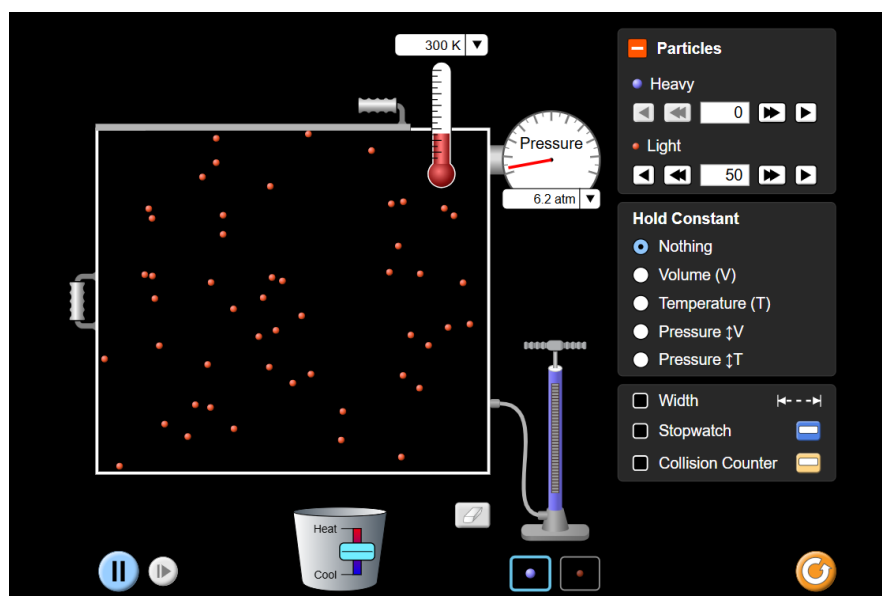
• **Зерттеу тапсырмасы:** «Модельде бөлшектер санын (N) 10-нан 500-ге дейін біртіндеп арттырыңыз. Осы кездегі pressure (қысым) графигінің өзгеруін бақылаңыз».

• **Талдау сұрақтары:** «Неліктен бөлшектер саны аз болғанда қысым графигі күрт тербеледі (флуктуация)?», «Сіздің қағаздағы есебіңіз бен экрандағы орташа мән қаншалықты сәйкес келеді?».

• **Нәтиже:** Студенттер қысымның «секірмелі» табиғатын көріп, МКТ-ның статистикалық заңдылықтарын (бөлшектер саны артқан сайын жүйенің тұрақты болатынын) түсінді.

4. PhET ортасындағы макро-верификация (V-Phase Macro)

Алдыңғы кезеңдегі микро-түсінікті макро-заңдылықтармен ұштастыру үшін PhET (Gas Properties) симуляциясы қолданылды.



2-сурет.

• **Зерттеу тапсырмасы:** «Изохоралық процесс кезінде температураны 2 есе арттырыңыз. Манометр көрсеткіші мен "Счетчик столкновений" (соқтығысу есептегіші) арасындағы байланысты табыңыз».

• **Студенттерге қойылған мәселе:** «NetLogo-дағы соқтығысулар мен PhET-тегі қысымның өсуі арасында қандай ұқсастық бар?».

• **Нәтиже:** Студенттерде теория, микро-модель және макро-көрініс арасында біртұтас физикалық картина қалыптасты.

5. Бақылаушы кезең (Қорытынды анализ)

Тәжірибелік сабақтардан кейін Post-test және «Когнитивті жайлылық» сауалнамасы жүргізілді.

• **Цифрлық көрсеткіштер:** Білім сапасы **79%**-ға дейін өсті (өсім — 37%).

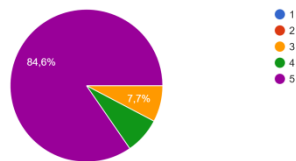
• **Сауалнама нәтижесі:** Студенттердің **85,3%-ы** «есептеу-верификация» әдісі формулаларды жаттаудан гөрі, олардың мәнін түсінуге көмектескенін атап өтті. **76,5%-ы** NetLogo-ны ең тиімді зерттеу құралы деп таныды.

1-кесте.

Көрсеткіш	Экспериментке дейін	Эксперименттен кейін	Өзгеріс (динамика)
Білім сапасы (Quality of knowledge)	42%	79%	+37%
Концептуалды түсінік деңгейі	Төмен (формальды)	Жоғары (зерттеушілік)	Сапалы өсім
GRA орташа көрсеткіші	3.1	4.4	+1.3

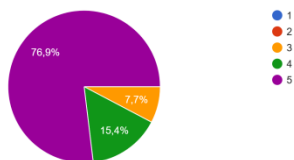
Работа с симуляциями помогла мне визуализировать движение молекул, которое сложно представить по учебнику. Оцените по шкале от 1 (полностью не согласен) до 5 (полностью согласен)

13 ответов



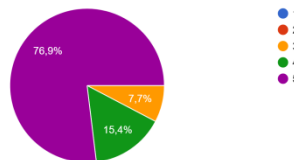
Графики в NetLogo (гистограммы скоростей) помогли мне понять, что такое статистическое распределение

13 ответов



Мне стало легче решать расчетные задачи после того, как я проверил формулы в виртуальной среде.

13 ответов



3-сурет



4-сурет.

Практикалық ұсыныстар

Зерттеу барысында алынған нәтижелер мен «Физика-25 А» тобындағы педагогикалық тәжірибе негізінде молекулалық физиканы оқыту әдістемесін жетілдіру бойынша келесідей практикалық ұсыныстар ұсынылады:

Біріншіден, оқу үдерісінде виртуалды симуляцияларды жай ғана иллюстрациялық көрсетілім ретінде емес, міндетті түрде «есептеу-верификация» алгоритмі арқылы қолдану ұсынылады. Бұл студенттердің аналитикалық есептеу дағдыларын компьютерлік модельмен ұштастырып, теориялық білімнің практикалық дәлелдемесін өз көзімен көруіне мүмкіндік береді. Есеп шығару кезінде студент алдымен қағазда теориялық мәнді алуы, содан кейін оны симуляциядағы датчик көрсеткіштерімен салыстыруы тиіс.

Екіншіден, молекулалық-кинетикалық теорияның статистикалық заңдылықтарын түсіндіруде NetLogo агенттік модельдеу ортасын басымдылықпен қолдану қажет. Дәстүрлі PhET симуляциялары макроскопиялық тұрақтылықты көрсеткенімен, жүйенің микроскопиялық флуктуацияларын жасырып қалады. Сондықтан, студенттерге бөлшектер саны аз ($N < 50$) жүйелердегі қысым мен температураның тербелісін зерттеуге тапсырмалар беру маңызды. Бұл олардың «статистикалық ансамбль» және «термодинамикалық тепе-теңдік» ұғымдарын тереңірек меңгеруіне ықпал етеді.

Үшіншіден, виртуалды зертханалық жұмыстарды ұйымдастыру кезінде «дифференциалды тапсырмалар» жүйесін енгізу ұсынылады. Мысалы, базалық деңгейдегі студенттер дайын модель параметрлерін өзгертсе, жоғары деңгейдегі студенттер NetLogo кодына өзгерістер енгізу арқылы бөлшектердің соқтығысу заңдылықтарын қайта бағдарламалауы керек. Бұл тәсіл студенттердің тек физикалық емес, сонымен қатар бағдарламалау және жүйелік талдау құзыреттіліктерін дамытады.

Төртіншіден, оқу сабақтарының соңында міндетті түрде «когнитивті рефлексия» кезеңін өткізу маңызды. Студенттер аналитикалық есеп пен виртуалды модель арасындағы сәйкессіздіктердің себебін (мысалы, модельдегі идеалдандыру немесе статистикалық қателіктер) өз бетінше талдауы тиіс. Бұл олардың сыни ойлау қабілетін арттырып, ғылыми зерттеу әдіснамасына деген дұрыс көзқарасын қалыптастырады.

Сонымен қатар, болашақ физика мұғалімдерін даярлау бағдарламасына PhET және NetLogo платформаларымен жұмыс істеу бойынша арнайы әдістемелік семинарлар мен курстарды енгізу қажеттілігі туындап отыр. Тәжірибе көрсеткендей, магистранттардың цифрлық құралдарды еркін меңгеруі олардың болашақ кәсіби қызметінде инновациялық технологияларды тиімді пайдалануына кепіл болады.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеу жұмысының нәтижелерін жинақтай келе, молекулалық физика курсына PhET Colorado және NetLogo платформаларын кешенді интеграциялау негізіндегі «есептеу-верификация» әдістемесінің жоғары педагогикалық тиімділігі дәлелденді. Теориялық талдау мен практикалық эксперимент көрсеткендей, дәстүрлі оқыту әдістері студенттердің бойында формулаларды механикалық түрде қолдану дағдысын қалыптастырғанымен, макроскопиялық параметрлердің микроскопиялық табиғатын терең ұғынуға мүмкіндік бермейді. Осы орайда ұсынылған авторлық әдістеме студенттердің аналитикалық ойлау қабілетін цифрлық модельдеу мүмкіндіктерімен синтездеу арқылы бұл мәселенің оңтайлы шешімін ұсынды.

«Физика-25 А» тобында жүргізілген педагогикалық эксперимент нәтижелері сапалық және сандық тұрғыдан айтарлықтай өсім көрсетті. Студенттердің білім сапасы көрсеткішінің 42%-дан 79%-ға дейін артуы (өсім 37%) әдістеменің білім алушылардың концептуалды түсінігін дамытудағы пәрменділігін айғақтайды. NetLogo ортасындағы агенттік модельдеу арқылы студенттер газ қысымы мен температурасының статистикалық флуктуацияларын зерттеп, термодинамикалық заңдылықтардың ықтималдық сипатын ғылыми негізде терең меңгерді. Сонымен қатар, PhET симуляциялары макроскопиялық деңгейдегі заңдылықтарды бекітудің тиімді құралы ретінде қызмет етті.

Зерттеу барысында анықталғандай, студенттердің 85,3%-ы виртуалды верификациялау процесі физикалық есептерді шығаруға деген қызығушылықты арттырып, когнитивті жайлылық деңгейін нығайтқанын атап өтті. Бұл өз кезегінде болашақ физика мұғалімдерінің зерттеушілік құзыреттілігін қалыптастырып, олардың заманауи цифрлық білім беру ортасында жұмыс істеуге дайындығын арттырады.

Түйіндей айтқанда, «есептеу-верификация» әдістемесі физиканы оқытудағы формализмді жоюдың және білім алушылардың ғылыми дүниетанымын кеңейтудің стратегиялық құралы болып табылады. Мақалада келтірілген

практикалық ұсыныстар мен әдістемелік алгоритмдер жоғары оқу орындарының оқу процесіне және мектеп бағдарламасына молекулалық физиканы оқытудың жаңа форматы ретінде енгізуге толық негіз бола алады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Wieman, C. E., Adams, W. K., Loeblein, P., & Perkins, K. K. Teaching Physics Using PhET Simulations // The Physics Teacher. — 2010. — Vol. 48(4). — P. 225–227.
2. Wilensky, U. NetLogo. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling. — Northwestern University, Evanston, IL, 1999. [Электронный ресурс]. URL: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>.
3. Finkelstein, N. D., et al. When learning about the real world is better done virtually: Case studies of using computer simulations in physics education // Physical Review Special Topics - Physics Education Research. — 2005. — Vol. 1(1). — 010103.
4. Banda, A., & Nzabahimana, J. Effect of PhET interactive simulations on students' conceptual understanding of physics in secondary schools // Physical Review Physics Education Research. — 2021. — Vol. 17(2). — 020111.
5. Sengupta, P., & Wilensky, U. Learning Electricity with NetLogo: Combining Micro-agent Based Models with Real-time Data // Proceedings of the 8th International Conference for the Learning Sciences. — 2008. — Vol. 2. — P. 334–341.
6. Кондратьев А. С., Лаптев В. В. Методика обучения физике: учебное пособие для вузов. — М.: Академия, 2011. — 272 с.
7. Мултановский В. В. Курс теоретической физики: Молекулярная физика. Термодинамика. — М.: Просвещение, 2008. — 256 с.
8. Черемисина Е. Н., Антипов О. В., Белов М. А. Роль виртуальной компьютерной лаборатории в современном вузе // Дистанционное и виртуальное обучение. — 2012. — № 1. — С. 50–64.
9. Tisheva, V., & Atanasova, I. Computer simulations in the education of physics – PhET interactive simulations // Journal of Physics: Conference Series. — 2021. — Vol. 1730. — 012093.
10. Карасова Т. И. Инновационные технологии в обучении физике в высшей школе // Вестник ТГПУ. — 2015. — № 8 (161). — С. 54–58.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДИКИ «РАСЧЁТ–ВЕРИФИКАЦИЯ» В ОБУЧЕНИИ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ В СРЕДАХ PHET И NETLOGO

Баян Әлихан Толқынұлы

В данной статье подробно представлены результаты практической апробации авторской методики «расчёт–верификация», направленной на повышение эффективности преподавания курса молекулярной физики в высших учебных заведениях. Актуальность исследования определяется необходимостью формирования у будущих учителей физики концептуальной связи между абстрактными математическими моделями и реальными физическими явлениями микроскопического уровня. В качестве основного научного новшества предложен алгоритм сопоставления теоретических расчётов студентов с данными виртуального эксперимента посредством комплексной интеграции феноменологических симуляций PhET Colorado и агентно-ориентированной среды моделирования NetLogo. В ходе педагогического эксперимента, проведённого в группе

«Физика-25 А», были проанализированы навыки студентов по верификации аналитических расчётов с помощью компьютерных моделей. Статистические данные показали, что внедрение предложенной методики позволило повысить качественный показатель успеваемости обучающихся с 42 % до 79 %, при этом 85,3 % респондентов подтвердили высокую эффективность виртуального моделирования при изучении сложных статистических закономерностей. В статье также рассматриваются вопросы устранения когнитивного разрыва посредством анализа микроскопических флуктуаций в среде NetLogo и сопоставления показаний манометров PhET. Результаты исследования доказывают стратегическую значимость данной методики в развитии исследовательских компетенций студентов и углублённом понимании физических процессов.

Ключевые слова: МКТ, NetLogo, PhET Colorado, расчёт–верификация, цифровое моделирование, когнитивный разрыв, методика преподавания физики, статистические флуктуации, агентное моделирование.

THE EFFECTIVENESS OF THE “CALCULATION–VERIFICATION” METHODOLOGY IN TEACHING MOLECULAR PHYSICS: EXPERIMENTAL ANALYSIS IN PHET AND NETLOGO ENVIRONMENTS

Bayan Alikhan Tolkyuly

This article presents in detail the results of the practical approbation of the author’s “calculation–verification” methodology aimed at improving the effectiveness of teaching molecular physics courses in higher education institutions. The relevance of the study is determined by the need to establish a conceptual connection between abstract mathematical models and real microscopic physical phenomena in the training of future physics teachers. As the main scientific novelty of the work, an algorithm is proposed for comparing students’ theoretical calculations with virtual experimental data through the integrated use of PhET Colorado phenomenological simulations and the NetLogo agent-based modeling environment. During the pedagogical experiment conducted with the group “Physics-25 A,” students’ skills in verifying analytical calculations through computer models were analyzed. Statistical data demonstrated that the implementation of the proposed methodology increased the academic performance quality indicator from 42% to 79%, while 85.3% of respondents confirmed the high effectiveness of virtual modeling in understanding complex statistical regularities. The article also addresses the elimination of cognitive gaps through the analysis of microscopic fluctuations in the NetLogo environment and the comparison of PhET manometer readings. The research findings prove the strategic significance of this methodology in developing students’ research competencies and deepening their understanding of physical processes.

Keywords: kinetic molecular theory, NetLogo, PhET Colorado, calculation–verification, digital modeling, cognitive gap, physics teaching methodology, statistical fluctuations, agent-based modeling.

References

1. Wieman, C.E., Adams, W.K., Loeblein, P., & Perkins, K.K. Teaching Physics Using PhET Simulations // The Physics Teacher. 2010. Vol. 48(4). P. 225–227.
2. Wilensky, U. NetLogo. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling. Northwestern University, Evanston, IL, 1999. Available at: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>

3. Finkelstein, N.D., et al. When Learning About the Real World Is Better Done Virtually: Case Studies of Using Computer Simulations in Physics Education // *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*. 2005. Vol. 1(1). 010103.
4. Banda, A., & Nzabahimana, J. Effect of PhET Interactive Simulations on Students' Conceptual Understanding of Physics in Secondary Schools // *Physical Review Physics Education Research*. 2021. Vol. 17(2). 020111.
5. Sengupta, P., & Wilensky, U. Learning Electricity with NetLogo: Combining Micro-agent Based Models with Real-time Data // *Proceedings of the 8th International Conference for the Learning Sciences*. 2008. Vol. 2. P. 334–341.
6. Kondratyev, A.S., & Laptev, V.V. *Methods of Teaching Physics: Textbook for Universities*. Moscow: Akademiya, 2011. 272 p.
7. Multanovsky, V.V. *Course of Theoretical Physics: Molecular Physics. Thermodynamics*. Moscow: Prosveshchenie, 2008. 256 p.
8. Cheremisina, E.N., Antipov, O.V., & Belov, M.A. The Role of Virtual Computer Laboratory in Modern Higher Education // *Distance and Virtual Learning*. 2012. No. 1. P. 50–64.
9. Tisheva, V., & Atanasova, I. Computer Simulations in the Education of Physics – PhET Interactive Simulations // *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. Vol. 1730. 012093.
10. Karasova, T.I. Innovative Technologies in Teaching Physics in Higher Education // *Bulletin of Tomsk State Pedagogical University*. 2015. No. 8(161). P. 54–58.