

Формування в учнів уявлень про статистичні закономірності під час навчання фізики засобами мультимедіа

Постановка проблеми. Однією з найістотніших особливостей сучасної фізичної науки є різке зростання ролі статистичних ідей і методів у побудові наукової картини світу. Сучасна фізика спираючись на статистичну основу, а саме, на статистичний метод дала можливість підтвердити гіпотезу про існування атомів, обґрунтувати квантову теорію тощо. Статистичні закономірності закладені у фундаментальні закони природи та навколишнього світу. Завдяки статистичним законам проводяться аналізи природних процесів (біологічних, економічних, кліматичних) та явищ (природних, суспільних, соціально-економічних). Тому нашим основним завданням є процес формування в учнів уявлень про статистичні закономірності на уроках фізики. Такий підхід необхідно починати з учнями ще з основної та продовжувати у старшій школи спираючись при цьому на явища та процеси, які їм є найбільш зрозумілі та доступні у психологічному сприйнятті.

Аналіз попередніх досліджень. Окремим питанням понять статистики у шкільному курсі фізики присвячено дослідження Г. Батуріної, Т. Війчука, В. Гриценка, Л. Куригіної, В. Лобань, А. Михайляка, В. Розумовського, В. Усанова, Л. Хапової, Т. Шаповаленко, Л. Шуригіної та інших [1; 7-10]. Особливість цих досліджень полягала у вивченні окремих статистичних понять

та закономірностей у курсі фізики ЗНЗ. Тому незважаючи на наявність значної кількості праць з проблеми дослідження низка аспектів елементів статистики в середній школі залишається недостатньо вивченою.

Мета статті: теоретично обґрунтувати та описати методику формування в учнів загальноосвітніх навчальних закладів уявлення про статистичні закономірності під час навчання фізики засобами мультимедіа.

Виклад основного матеріалу. Для кращого засвоєння навчального матеріалу з фізики вчитель повинен викласти мотиви його засвоєння, тобто вказати на мотиваційний компонент. Мотиваційний компонент пов'язаний з формуванням інтересу учнів до дослідницької діяльності як індивідуальної, так і групової, потребою в цій діяльності і направленістю на досягнення її результатів. Важливу роль при цьому відіграє також інформаційний компонент, обумовлений умінням учнів здобувати й обробляти інформацію, навичками роботи із сучасною комп'ютерною, мультимедійною й іншою технікою і застосовувати отримані знання в різних нестандартних життєвих ситуаціях [3, с. 337-338; 4].

Поняття про статистичні закономірності на профільному рівні (10 кл) можна розглянути під час вивчення молекулярно-кінетичної теорії речовини, зокрема, у питаннях «Ідеальний газ як фізична модель. Швидкості молекул газу та їх вимірювання» [5].

Під час розгляду даних питань звертаємо увагу учнів на те, що закони молекулярної фізики ґрунтуються на статистичних методах, які дають можливість досліджувати системи, що складаються з великої кількості частинок. На відміну від термодинамічного цей спосіб опису системи полягає в тому, що характеристики макроскопічної системи як цілого розраховуються на основі інформації про кожний мікроб'єкт такої системи. Статистично описати ідеальний газ, це означає, що виходячи з інформації про молекулярну будову такого газу, про рух молекул, їх швидкість, робиться висновок про макроскопічний параметр такого газу, наприклад, тиск. Згідно статистичним методом, термодинамічний параметр системи представляє собою усереднене

значення відповідної йому мікроскопічної величини. Таким чином, користуючись статистичним методом у молекулярній фізиці ми визначаємо середні значення величин, що характеризують рух і взаємодію великої кількості молекул.

Фізичні закономірності таких систем мають імовірнісний, або статистичний характер. Тому молекулярну фізику часто називають статистичною фізикою. Отже, статистична фізика - це наука, яка вивчає системи, які складаються з великої кількості мікрооб'єктів. Її основне завдання - визначення усереднених параметрів системи на основі інформації про кожний мікрооб'єкт системи.

Звертаємо увагу учнів на те, що статистичний метод порівняння з термодинамічним має свої переваги так і недоліки. Беззаперечна перевага цього методу полягає в тому, що він розглядає природу явищ, виходячи із поведінки мікрооб'єктів з яких складаються макроскопічні системи. Базуючись на атомно-молекулярному вченні, статистичний метод дає можливість бачити діалектичний розвиток наших уявлень про світ, підтверджуючи тим самим його матеріальність.

Серед недоліків виділяємо: 1. Складність. 2. Висновки статистичного методу справедливі з точністю до моделі. Якщо модель вибрана погано, то її висновки будуть невірні, і чим краща модель, тим висновки вірніші.

Учням говоримо, що одним із прийомів статистичного методу є обчислення середніх значень різних величин, що зазнають індивідуальних змін. Як приклад приводимо те, що під час підрахунку великої кількості молекул газу ми не визначаємо швидкість кожної молекули окремо, а користуючись статистичним методом обчислюємо середнє значення цієї фізичної величини. Також за допомогою статистичного методу можемо розрахувати і середнє значення кінетичної енергії поступального руху молекул. Щоб знайти середнє значення модуля швидкості руху молекул треба додати значення руху всіх молекул і поділити цю суму на кількість молекул, тобто

$$\bar{v} = \frac{v_1 + v_2 + \dots + v_N}{N}, \quad (1)$$

де v_1, v_2, \dots, v_N - модулі швидкостей молекул; N - загальна кількість молекул у газі.

Важливе значення у статистиці має середнє значення квадрата швидкості з яким пов'язана середня кінетична енергія молекул. Середня квадратична швидкість визначається виразом:

$$\bar{v}^2 = \frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_N^2}{N}. \quad (2)$$

Оскільки середня квадратична швидкість є характеристикою хаотичного неупорядкованого руху молекул, то її іноді називають ще тепловою.

Учням наголошуємо, що молекулярно-кінетична теорія ідеального газу на основі методів статистики дає змогу теоретично вивести газові закони, пояснити властивості газів і процесів.

У молекулярній фізиці також широко використовуються закони теорії ймовірності. Це звільняє від потреби знати точне значення тих чи інших фізичних величин: достатньо мати відомості про найімовірніші значення цих величин. Так, визначити, скільки молекул газу, що містяться у посудині, мають швидкість, наприклад, 300 м/с, не можливо. Ми можемо лише встановити, яка частина молекул має швидкість, що лежить в інтервалі (300 ± 10) м/с [6, с. 340]

На сьогодні, у зв'язку з розвитком комп'ютерних технологій, виник ефективний метод комп'ютерного моделювання фізичних явищ, який у деяких випадках доцільно реалізовувати під час виконання лабораторних робіт [2; 3, с. 338]. Розглянемо один із прикладів такої лабораторної роботи для учнів 10 класу профільного рівня. З розділу «Молекулярна фізика і термодинаміка» пропонуємо віртуальну лабораторну роботу «Комп'ютерне моделювання розподілу газових молекул за швидкостями (розподіл Максвелла)». Дана робота розроблена у середовищі Microsoft Excel.

До даної лабораторної роботи розроблена інструкція, яка містить тему, мету, прилади і матеріали (комп'ютерна установка), теоретичні відомості, опис

установки, хід роботи, контрольні запитання та електронний допуск до лабораторної роботи у вигляді тесту у середовищі MyTestXPro. Під час самостійної підготовки учні ознайомлюються із: статистичним методом вивчення закономірностей руху молекул, який був встановлений Максвеллом у 1860 році; законом, який дає можливість визначити число молекул газу при заданій температурі, швидкість яких лежить в інтервалі $[\nu, \nu + \Delta\nu]$. З'ясовують: розподіл Максвелла встановлюється для стану термодинамічної рівноваги газу, тобто при $T = const$; що у такому стані відсутні зовнішні силові поля; формулу закону Максвелла

$$\rho(\nu) = \frac{\Delta n}{n\Delta\nu} = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \left(\frac{m}{kT} \right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{m\nu^2}{2kT}} \nu^2, \quad (3)$$

що, користуючись законом Максвелла, можна визначити:

- найбільш імовірнісну швидкість:

$$\nu_{\text{н.і.}} = \sqrt{\frac{2kT}{m}} = \sqrt{\frac{2RT}{M}}; \quad (4)$$

- середню арифметичну швидкість:

$$\bar{\nu} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}; \quad (5)$$

- середню квадратичну швидкість:

$$\bar{\nu}_{\text{кв.}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}. \quad (6)$$

Ознайомившись з теоретичною і практичною стороною роботи та відповідними вимогами до виконання даної лабораторної роботи, учень переходить до отримання допуску. Як зазначалося вище, допуск до даної роботи розроблений у середовищі MyTestXPro і складається з п'яти запитань. Деякі із них мають подвійну правильну відповідь (про це учням повідомляється завчасно). Учень вводить своє прізвище, ім'я, клас (рис. 1), після чого розпочинається робота над допуском (рис. 2). Виконавши успішно всі завдання, учень отримує допуск до лабораторної роботи.

На рисунку 3 відображена реальна картина роботи над допуском учня:

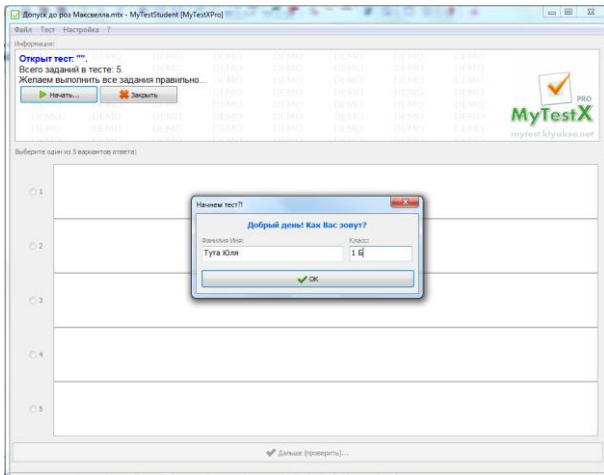


Рис. 1. Вигляд екрану у випадку реєстрації учня до проходження допуску

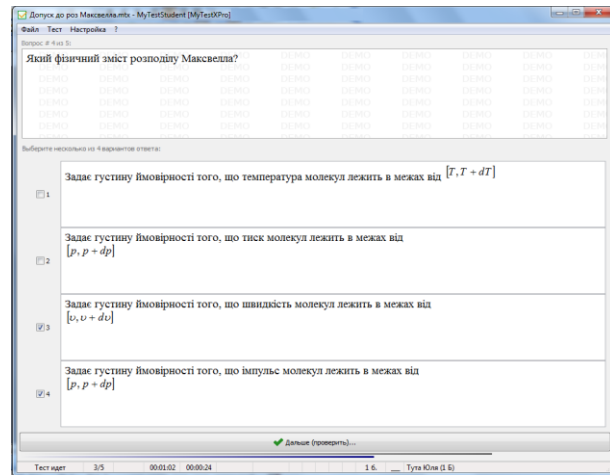


Рис. 2. Вигляд екрану у випадку тестового завдання із вибором правильних відповідей

зазначається час початку і закінчення; тривалість; скільки запитань поставлено, відповідно виконано та із них правильно. Якщо учень отримує «Допущено», він робить роздруківку на принтері. Після чого учень завершує самопідготовку і під час заняття виконує роботу.

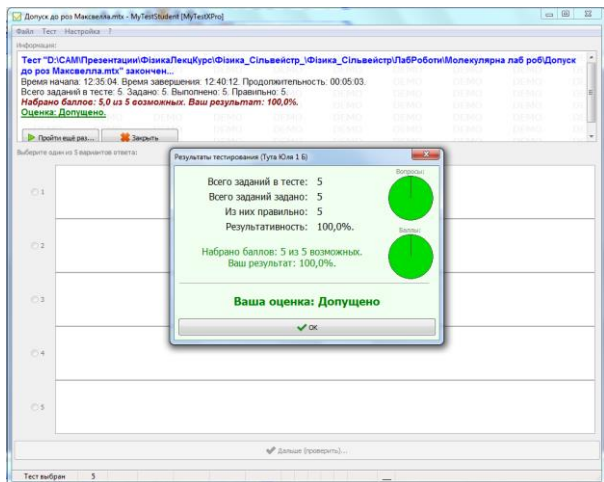


Рис. 3. Вигляд екрану у випадку допуску учня

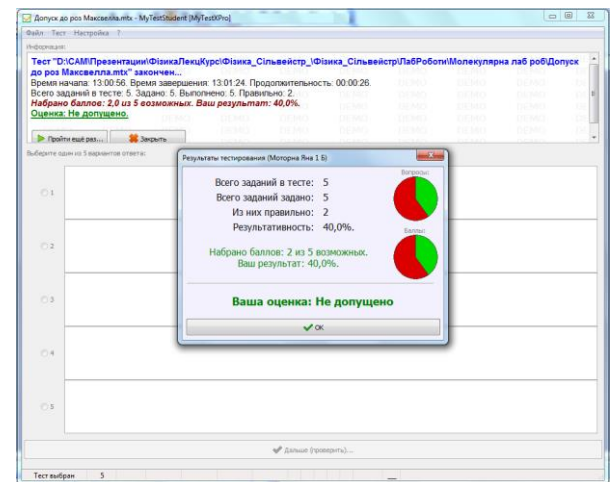


Рис. 4. Вигляд екрану у випадку недопуску учня

Але бувають випадки, коли учень з першого разу не отримує допуску до виконання лабораторної роботи (рис. 4). У такому випадку учень знову вивчає теорію і практичну сторону виконання роботи, звертається за допомогою до вчителя, який здійснює контроль самопідготовки. Цей процес продовжується до тих пір, поки учень не отримує «Допущено».

Отримавши допуск до виконання лабораторної роботи, учень на

лабораторному занятті, згідно з ходом роботи, приступає до її виконання. Хід даної лабораторної роботи містить такі завдання:

1. Одержати на екрані графік розподілу Максвелла для параметрів: водень (H_2) ($m = 3,3 \cdot 10^{-27}$ кг), $T = 293$ К та дослідити його.

2. Побудувати на одних осях графіки:

- для водню (H_2) $m = 3,3 \cdot 10^{-27}$ кг при $T = 293$ К;

- для азоту (N_2) $m = 4,65 \cdot 10^{-26}$ кг при $T = 293$ К;

- для вуглекислого газу (CO_2) $m = 7,3 \cdot 10^{-26}$ кг при $T = 293$ К.

Виявити залежність від маси m . Зробити висновки.

3. Побудувати на одних осях графіки для кисню (O_2) ($m = 5,32 \cdot 10^{-26}$ кг) при $T = 273$ К; $T = 500$ К; $T = 1000$ К. Визначити найбільш імовірнісну швидкість $v_{\text{н.і.}}$ для цих температур. Зробити висновки.

4. Дослідити графік розподілу Максвелла:

- знайти кількість молекул від 0 до $v_{\text{н.і.}}$ і від $v_{\text{н.і.}}$ до

5. Визначити найбільш імовірнісну швидкість $v_{\text{н.і.}}$, середню арифметичну швидкість \bar{v} , середню квадратичну швидкість $\bar{v}_{\text{кв.}}$ для водню при $T = 293$ К.

Як під час виконання традиційних робіт, так і під час виконання віртуальних робіт учень дотримується ходу виконання роботи. На рисунку 5 наведений приклад із завдання 3 (Побудувати на одних осях графіки для кисню (O_2) ($m = 5,32 \cdot 10^{-26}$ кг) при $T = 273$ К; $T = 500$ К; $T = 1000$ К. Визначити найбільш імовірнісну швидкість $v_{\text{н.і.}}$ для цих температур. Зробити висновки).

У цьому випадку учень вводить значення маси кисню і температуру та отримує значення функції розподілу $\rho(v)$. Після чого комп'ютер на вибраних осях будує графік залежності $\rho(v)$ при температурі $T = 273$ К. За побудованим графіком учень визначає найбільш імовірнісну швидкість. Максимум кривої буде відповідати найбільш імовірнісній швидкості. У подальшому дослідженні учень задає температури $T = 500$ К та $T = 1000$ К. Задавши температуру $T = 500$ К, учень спостерігає, що крива буде нижчою, ніж за температури

$T = 273 \text{ K}$.

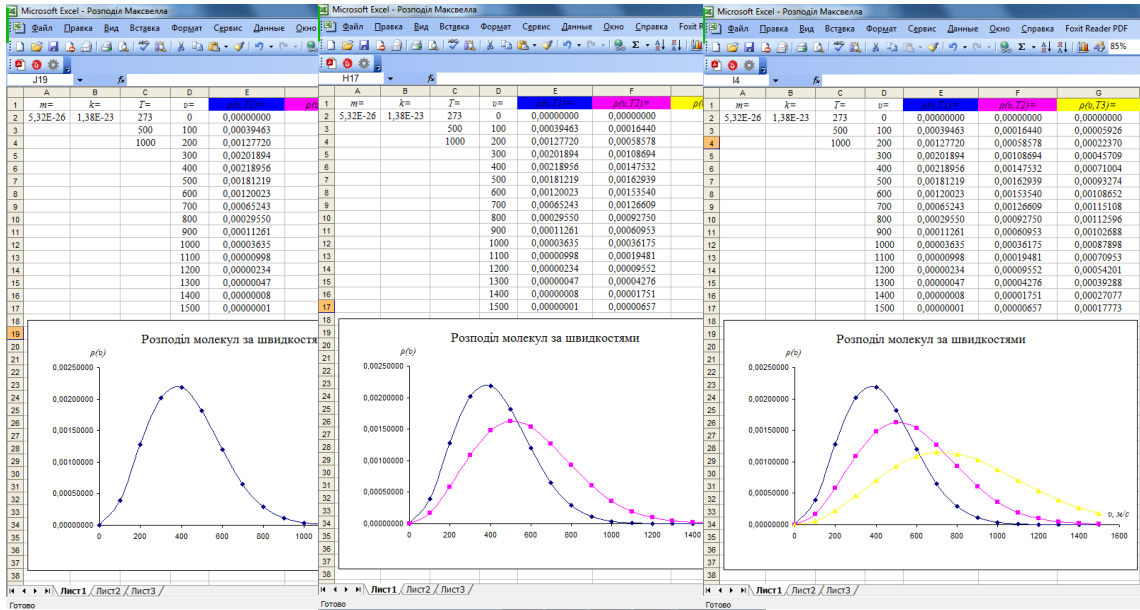


Рис. 5. Віртуальна лабораторна робота «Комп'ютерне моделювання розподілу газових молекул за швидкостями (розподіл Максвелла)»

З отриманих графіків, знайшовши найбільш імовірнісні швидкості, учень робить висновки: з підвищенням температури найбільш імовірнісна швидкість молекул газу збільшується, а ордината максимуму кривої розподілу зменшується. Учні пояснюють це тим, що з підвищенням температури швидкість молекул зростає і крива зміщується у бік більшої швидкості, хоча фігури, обмежені кривими та віссю швидкості, залишаються рівнозначними за площею.

Висновки. Вивчення елементів статистики на уроках фізики має стати потужним засобом формування в учнів загальноосвітніх навчальних закладів уявлення про статистичні закономірності у природі, сприяти виробленню вміння використовувати статистичний апарат під час дослідження фізичних явищ та процесів.

Література

1. Війчук Т. І. Вивчення елементів статистики в контексті міжпредметних зв'язків шкільних курсів математики і фізики : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : 13.00.02 / Тарас Іванович Війчук : М-во освіти і науки

України, Черкаський нац. ун-т ім. Богдана Хмельницького. – Черкаси, 2009. – 20 с.

2. Сільвейстр А. М. Інформаційно-комунікаційні технології навчання як засоби реалізації віртуальних лабораторних робіт з фізики у майбутніх учителів хімії і біології / А. М. Сільвейстр // Фізико-математична освіта. Науковий журнал. – 2015. – №3 (6). – С. 85–96.

3. Сільвейстр А. М. Теоретико-методичні засади навчання фізики майбутніх учителів хімії і біології : дис. ... докт. пед. наук : 13.00.02 / Сільвейстр Анатолій Миколайович ; Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова ; Кіровоградський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка. – Кропивницький, 2017. – 633 с.

4. Слободяник А. Д. Розвиток методів ефективного засвоєння нового матеріалу та оцінювання знань на заняттях з фізики у вищих навчальних закладах / А. Д. Слободяник, А. М. Сільвейстр // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія №3. Фізика і математика у вищій і середній школі : зб. наук. пр. – К. : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2013. – № 12. – С. 58–66.

5. Фізика і астрономія : Навчальні програми для 10-11 класів закладів загальної середньої освіти (рівень стандарту, профільний рівень) [Електронний ресурс] / Автор. колектив під кер. О. Ляшенка. – Режим доступу : <https://osvita.ua>

6. Фізика : підручник для 10 кл. загальноосвіт. навч. зал. (профільн. рівень) / авт. : Т. М. Заскіна, М. В. Головка. – К. : Педагогічна думка, 2010. – 304 с.

7. Хапова Л. В. Проблема формирования вероятностно-статистических представлений при изучении квантовой физики : дисс. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Хапова Лариса Валерьевна ; Вятский государственный педагогический университет. – Киров, 2002. – 170 с.

8. Шаповаленко Т. Г. Формирование у учащихся представлений о статистических закономерностях при обучении физике : дисс. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Шаповаленко Татьяна Геннадиевна ; Оренбургский гос. пед. ун-т. - Оренбург, 2010.- 207 с.

9. Шурыгина Л. С. Развитие статистических представлений школьников при изучении молекулярной и ядерной физики : автореф. дисс. на соиск. уч.

степени канд. пед. наук : 13.00.02 / Лидия Семеновна Шурыгина. - Москва, 1980. - 21 с.

10. Шуригіна Л. С. Статистичні ідеї в курсі фізики і формування світогляду / Л. С. Шуригіна. // Радянська школа. – 1979. - №3. – С. 46-48.

Анотація. У статті теоретично обґрунтовується та описується методика формування в учнів загальноосвітніх навчальних закладів уявлення про статистичні закономірності під час навчання фізики засобами мультимедіа. Звертається увага на те, що застосування елементів статистики на уроках фізики є потужним засобом формування в учнів загальноосвітніх навчальних закладів уявлення про статистичні закономірності у природі, сприяє виробленню вміння використовувати статистичний апарат під час дослідження фізичних явищ та процесів. Наглядно показано використання комп'ютерного моделювання статистичних закономірностей на прикладі лабораторної роботи «Комп'ютерне моделювання розподілу газових молекул за швидкостями».

Ключові слова: учні, формування, уявлення, фізичні закони та процеси, статистичні закономірності, елементи статистики, засоби мультимедіа.

Annotation. The article substantiates and describes in the article the method of formation of the representation of statistical regularities among students of general educational institutions during the study of physics by means of multimedia. Attention is drawn to the fact that the application of elements of statistics in physics classes is a powerful means for forming students in general education institutions about the statistical laws in nature, contributes to developing the ability to use statistical apparatus in the study of physical phenomena and processes. The use of computer simulation of statistical regularities is illustrated by the example of the laboratory work "Computer modeling of the distribution of gas molecules at speeds".

Key words: students, formation, representation, physical laws and processes, statistical laws, elements of statistics, means of multimedia.