

Вивчення елементів статистики

у шкільному курсі фізики

Важливим завданням сучасного курсу фізики є узагальнення широкого обсягу фізичних фактів та створення в учнів середньої школи більш повного уявлення про сучасну фізичну картину світу. Для цього перш за все необхідно ознайомлювати учнів з фундаментальними фізичними теоріями в основу яких повинні бути покладені й елементи статистики. У сучасній статистичній теорії лежать представлення про те, що всі макроскопічні системи складаються із великого числа найдрібніших частинок: атомів, молекул, елементарних частинок.

Проведений в процесі дослідження аналіз дисертаційних та наукових робіт, присвячених проблемі формування в учнів статистичних уявлень таких авторів, як Г. Батуріна, Т. Війчук, С. Десненко, О. Єлізаров, Ю. Панаргін, Л. Хапова, Т. Шаповаленко, Л. Шуригіна та ін. [1; 6-9], показав, що дослідження з проблеми формування в учнів статистичних уявлень під час навчання фізики включали аналіз курсу фізики основної та старшої школи. Автори констатують взаємозв'язок формування статистичних уявлень і розвиток імовірнісного стилю мислення учнів, але не пропонують варіанти відстеження динаміки розвитку імовірнісного стилю мислення учнів в процесі формування уявлень про статистичні закономірності під час навчання фізики. Потрібно, щоб учень мав досвід самостійного, на скільки це можливо, отримання статистичної інформації – умів проводити статистичні

спостереження, фіксуючи їх результати [2, с. 1].

Як зазначалося вище, що у статистичній теорії розглядаються задачі, які, як правило, описують явища, що складаються з великої кількості частинок. Для розв'язання таких задач використовуються методи теорії ймовірності (статистики). Статистичні закономірності у шкільному курсі фізики застосовуються у різних розділах курсу фізики. Так, наприклад, у молекулярній фізиці і термодинаміці пояснюють молекулярно-кінетичну теорію речовини, теплові явища; в електродинаміці – діелектричні, провідні і магнітні властивості тіл; в оптиці на їх основі була створена теорія теплового випромінювання, молекулярного розсіювання світла та ін.; у атомній фізиці – закон радіоактивного розпаду тощо. Елементи статистики у шкільному курсі фізики повинні задовольняти таким вимогам: наукова і методична спрямованість; органічний зв'язок з теоретичним курсом; доступність; відображення прикладного значення теорії.

На думку автора праці [1, с. 7], окрім питань, що представляють практичний інтерес, у статистичній теорії розглядаються і проблеми, які мають фундаментальне, світоглядне значення. Не всі вони до кінця розв'язані, хоча у цілому вони доповнюють усі розділи курсу фізики.

Як приклад, розглянемо поняття ентропії, яке вивчається у 10 класі на профільному рівні. Звертаємо увагу учнів на те, що дане поняття є виключно статистичним поняттям, оскільки визначається логарифмом числа мікростанів, що реалізують рівноважний стан [5, с. 182-184]:

$$S = k \ln W, \quad (1),$$

де $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ - стала Больцмана; $W = \frac{\Delta\Gamma}{h^s}$ - число мікростанів в об'ємі фазового простору $\Delta\Gamma$, в якому зосереджені всі мікростани, що реалізують стан термодинамічної рівноваги системи.

Дуже важливо відзначити, що поняття ентропії строго можна ввести лише для ізольованої макроскопічної системи, що перебуває в стані термодинамічної рівноваги. Таким чином, поняття ентропії є виключно статистичним поняттям,

тобто таким, яке можна застосовувати лише для систем, що складаються з дуже великого числа частинок. У зв'язку з тим, що число можливих рівноважних мікростанів W завжди більше одиниці, то й ентропія системи також завжди додатна ($W \geq 1$, то $S \geq 0$).

Звертаємо увагу учнів і на те, що ентропія є мірою інформації і мірою хаосу в системі. Якщо інформація про систему буде максимально можливою, то ентропія системи буде мінімальною. І навпаки, якщо інформація про систему буде мінімально можливою, то ентропія системи буде максимальною. Таким чином, зростання ентропії призводить до зменшення інформації про мікростан системи, при цьому максимальна ентропія відповідає мінімальній інформації.

При зростанні ентропії невизначеність координат та проєкцій імпульсів частинок системи збільшується, фазова точка системи може рухатись у більшому за значенням об'ємі фазового простору $\Delta\Gamma$, тобто хаос у системі при цьому зростає. На основі кількісних співвідношень можна показати, що ентропія є мірою хаосу в системі.

Як бачимо, ентропія виступає як критерій напрямку процесу і як критерій рівноваги, що має важливе значення для природних систем. Із підвищенням температури ентропія зростає, тому що збільшується хаотичність рухів. Зростання ентропії спостерігається при плавленні і сублімації кристалу, при кипінні рідини, тому що в цих процесах зменшується впорядкованість системи. З підвищенням температури посилюється рух частинок, послаблюються зв'язки між атомами в молекулах, відбувається їх дезінтеграція (реакції розкладання) [3, с. 44]. Чим більша ентропія, тим стійкіша система. Це стосується не тільки хімічних процесів, але й усіх інших.

Щодо біологічних об'єктів, то це є відкриті системи. Кожний живий об'єкт бере з навколишнього середовища поживні речовини, кисень тощо, які мають низьке значення ентропії, і віддає в середовище продукти розкладання – речовини з більш високими значеннями ентропії. Отже, живий організм не можна розглядати як ізольовану систему, а тільки в єдності з навколишнім середовищем. Якщо організм ізолювати від середовища, то відбуватимуться

тільки процеси, які супроводжуватимуться зростанням ентропії, й організм загине. Незалежно від того, містить ізольована система в собі живий організм чи в ній його немає, в окремих частинах цієї системи може зменшуватися ентропія, а в окремих – збільшуватися. Це не суперечить другому закону термодинаміки. У цілому ентропія системи буде сталою для оборотних процесів, або збільшуватиметься – для необоротних. Також необхідно зазначити, що живий організм не перебуває в рівновазі з середовищем [3, с. 50].

Згідно зі статистичним визначенням (1) ентропія буде максимальною в рівноважному стані, а це значить, що у будь-якому нерівноважному стані ентропія буде меншою, ніж у стані термодинамічної рівноваги. У зв'язку з тим, що замкнута система спонтанно, в силу теплового руху, приходить до рівноважного стану, то ентропія нерівноважних систем у процесі встановлення рівноваги зростає. Таким чином, ми підводимо учнів до визначення закону зростання ентропії: для всіх замкнутих систем, які реалізуються в природі, ентропія ніколи не зменшується – вона або зростає, або, в граничному випадку, залишається постійною. У відповідності з цим, всі процеси, які відбуваються з макроскопічними тілами, прийнято поділяти на необоротні і оборотні. Учням акцентуємо увагу, якщо ентропія в ході якогось процесу зберігається сталою, то процес є оборотним, якщо зростає – процес необоротний. Зрозуміло, що повністю оборотний процес є фізичною ідеалізацією. Всі реальні процеси в природі можуть бути оборотними лише з тією чи іншою точністю.

Тенденція до зростання ентропії визначає напрямок всіх різноманітних процесів в природі. Вони протікають так, що повна ентропія системи збільшується. Це є закон зростання ентропії і він доповнює закон збереження енергії. Закон зростання ентропії вказує напрямок потоку тепла або певної хімічної реакції, він визначає, куди рухатися молекулам стиснутого газу при наявності вільного простору [4, с. 75].

Таким чином, з аналізу методичних джерел та підручників з фізики для закладів загальної середньої освіти (ЗЗСО) дозволяє зробити висновки, що матеріал, який вивчається у шкільному курсі фізики сприяє формуванню в

учнів елементів статистики, але як правило на цьому увага сильно не акцентується. Незважаючи на різноплановість досліджень, простежується спільна позиція науковців у тому, що статистичні поняття доцільно вивчати в школі не лише на абстрактному матеріалі, а як прикладні, у процесі розв'язування задач, зміст яких відображає реальні ситуації. Однак використовувати тільки прикладні задачі для формування стійких навичок і вмій з статистики не достатньо. Якщо учень обробляє й аналізує готову статистичну інформацію, але не бере участі в процесі її накопичення й систематизації, то набуті знання будуть формальними.

Анотація. Розглядаються статистичні закономірності у шкільному курсі фізики. З'ясовано, що важливим завданням сучасного курсу фізики є узагальнення широкого обсягу фізичних фактів та створення в учнів середньої школи більш повного уявлення про сучасну фізичну картину світу.

Ключові слова: курс фізики, статистичні закономірності, відкриті системи, процеси, світогляд, учні.

Список використаних джерел:

1. Васильев А. М. Введение в статистическую физику : Учеб. пособие / А. М. Васильев. – М. : Высш. школа, 1980. – 272 с.
2. 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.
3. Каданер Л. И. Физическая и коллоидная химия / Л. И. Каданер. – Изд. 2-е (перераб. и доп.). – К. : Вища школа, 1983. – 287 с.
4. Линднер Г. Картины современной физики / Г. Линднер. [Пер. с нем. Ю. Г. Рудого ; предисл. Н. В. Мицкевича]. – М. : Мир, 1977. – 272 с.
5. Сільвейстр А.М. Навчання фізики майбутніх учителів хімії і біології у педагогічних університетах : монографія / А. М. Сільвейстр. – Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. – 372 с.
6. 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.
7. 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.

8. *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.*

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