

ВІДОБРАЖЕННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРИРОДИ В КУРСІ ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ НА ҐРУНТІ ІДЕАЛЬНИХ НАВЧАЛЬНИХ ФІЗИЧНИХ МОДЕЛЕЙ

У роботі розглянуті проблеми висвітлення в навчальному курсі загальної фізики питань, пов'язаних з фундаментальними фізичними властивостями матеріального світу. Наведено приблизний перелік цих питань, проведено їхній короткий аналіз. Запропоновано ідеальні навчальні фізичні моделі систем, на основі яких можна розглядати ці питання.

Ключові слова: курс загальної фізики, фундаментальні фізичні властивості природи, навчальні фізичні моделі.

Постановка проблеми. Провідною метою фізичної освіти є засвоєння певного фізично-конкретного матеріалу, який у своїй сутнісній основі є низкою конкретних фізичних понять та фізичних законів. Однак, поряд з цим, важливим уявляється також і формування певних загально-фізичних уявлень, зокрема, стосовно *фундаментальних фізичних властивостей природи*. У гносеологічному аспекті ці уявлення знаходяться на проміжному рівні між матеріалом фізичної конкретики та матеріалом концептуального знання [1, с. 146].

Ці загально-фізичні уявлення утворюють *ядро природничо-наукового світогляду* і складають основу *онтологічної складової фізичної картини світу*, яка передбачає розуміння сутнісних загальних фізичних властивостей реальності, що виявляються на ґрунті її фізичного опису [2, с. 155].

Ми вважаємо, що зазначений шар концептуальних уявлень стосовно фундаментальних фізичних властивостей природи не утворюється автоматично як результат послідовного вивчення фізично-конкретного матеріалу і не зводиться до адитивної суми фізично-конкретних знань, а потребує послідовного усвідомленого та цілеспрямованого формування в процесі викладання усього курсу.

При цьому формування зазначених уявлень має ґрунтуватися саме на фізично-конкретному матеріалі як деяке його доповнення та узагальнення.

Наведене формує **проблему**, по-перше, *виявлення складу концептуальних уявлень стосовно фундаментальних фізичних властивостей природи*, які можливо і доцільно формувати в курсі загальної фізики і, по-друге, *виявлення конкретно-фізичного матеріалу*, на ґрунті якого можна проводити це формування.

Аналіз актуальних досліджень. Як свідчить аналіз відповідних літературних джерел, існують кілька структурувань навчального фізичного знання за його рівнями. Типовою рисою цих класифікацій є виділення рівня, який, за думкою авторів, відповідає *концептуальним знанням методологічного характеру*.

Як приклад розглянемо найбільш наближену до гносеологічних аспектів фізичного знання структуру його типології, яку наводить О.Н. Голубева [3, с. 149-150], виділяючи при цьому п'ять рівнів фізичного опису реальності:

- рівень фундаментальних парадигм (парадигма руху Ньютона та парадигма еволюції Дарвіна);
- рівень фундаментальних концептуальних підходів (корпускулярного та континуального, квантового та статистичного);
- рівень принципів та конвенцій (типу принципів інваріантності та симетрії, що дозволяють виділити фундаментальні взаємодії і описати властивості простору – часу);
- рівень фундаментальних фізичних теорій;
- рівень прикладних та часткових фізичних теорій, що дозволяють проводити теоретичний опис окремих об'єктів.

Не заперечуючи по суті можливість виділення таких рівнів узагальненості фізичного опису, ми вважаємо, що вони скоріш характеризують сучасний стан методологічного осмислення загальної гносеологічної структури фізичного знання, ніж являють собою реальний ґрунт, на якому можна будувати структуру і зміст курсу загальної фізики, що визнає і сама О.Н. Голубева [3, с. 155].

Значимо, що ця робота, а також, і інші дослідження з цієї тематики фактично мають суто гносеологічний акцент, і майже не містять онтологічної складової, яка стосується фундаментальних фізичних властивостей природи як об'єкта фізичного дослідження.

Основний матеріал роботи. Під *фундаментальними фізичними властивостями природи* ми розуміємо такі її властивості і закономірності, які є фундаментальним підґрунтям наукового фізичного знання (фізичних теорій). Ці властивості не можуть бути виведені шляхом позаемпіричних міркувань, і єдиним методом їхнього пізнання є *емпіричний метод*, тобто, *узагальнення емпіричного досвіду* або *аналіз конкретних експериментальних досліджень*.

До фундаментальних фізичних властивостей природи, які доцільно розглядати в навчальному курсі загальної фізики, ми відносимо:

- загальні просторово-часові властивості матерії;
- факт наявності максимальної швидкості руху будь-якого тіла та розповсюдження будь-якої взаємодії (швидкість світла у вакуумі);
- дискретний та стохастичний (імовірнісний) характер природи на рівні мікросвіту;
- фундаментальні фізичні закони;
- чисельні значення фундаментальних фізичних констант.

Як було зазначено вище, іншою проблемою є визначення конкретно-фізичного матеріалу, на основі розгляду якого в навчальному курсі загальної фізики можна формувати певні уявлення стосовно фундаментальних фізичних властивостей. У курсі фізики ЛАНАУ структурними одиницями матеріалу фізичної конкретики є *ідеальні навчальні фізичні моделі систем* [4], тому саме через них відбувається навчальна трансляція зазначених уявлень.

Розглянемо ці питання докладніше.

1) Загальні просторово-часові властивості матерії. До цих властивостей відносяться:

а) *Просторова однорідність*, тобто *однаковість первинних (фундаментальних) фізичних властивостей матерії в усіх точках простору*. Просторова однорідність (або, як часто кажуть, *однорідність простору*) означає, що будь-який фізичний дослід, проведений у різних місцях при забезпеченні однакових умов, має давати однакові результати.

б) *Просторова ізотропність* (або *ізотропність простору*). Вона означає *незалежність первинних фізичних властивостей матерії від напрямку у просторі*. Наприклад, результат вимірювання швидкості світла у вакуумі, за однакових умов досліду, не залежить від напрямку розповсюдження світла.

в) *Просторова тривимірність* (або *тривимірність простору*) означає, що *просторове положення будь-якої частинки матерії відносно іншої частинки повністю визначається трьома рівноправними та незалежними одне від одного числами* – координатами частинки. Тривимірність простору також проявляється у тому, що будь-яке тіло має *три* незалежні розміри – довжину, ширину та висоту. З виникненням теорії відносності А. Ейнштейна у фізику увійшло поняття *чотиривимірного простору-часу*, але і тут кількість незалежних просторових координат дорівнює трьом.

г) *Часова однорідність* – *незалежність первинних фізичних властивостей матеріального світу від моменту часу*. Часова однорідність фізичного світу (або *однорідність часу*) означає, що всі моменти часу є рівноправними, і будь-який дослід, здійснений за однакових умов у різні моменти часу, має давати однакові результати.

Зазначені у пп. (а)-(г) властивості простору-часу декларуються у вступному розділі курсу як *результат узагальнення емпіричного досвіду*. Крім того, тривимірність простору додатково ілюструється при вивченні механічного руху у межах *моделі класичної частинки* (матеріальної точки).

д) *Необоротність часу* – *певна часова спрямованість усіх матеріальних процесів від "минулого" через "теперішнє" до "майбутнього"*. Наявність необоротності суттєво відрізняє час від простору. Якщо в просторі можливий рух у будь-якому напрямку, то рух у часі здійснюється тільки в напрямку до майбутнього. При цьому темп руху в часі співпадає з плином самого часу в даному місці Всесвіту, його не можна штучно прискорити або сповільнити.

Необоротність часу декларується у вступному розділі курсу. Крім того вона додатково ілюструється при вивченні закону не зменшення ентропії при розгляді *моделі ізольованої термодинамічної системи*.

е) *Релятивістське поєднання просторових та часових характеристик матеріальних систем за великих швидкостей руху цих систем відносно спостерігача* – математично виражається у вигляді перетворень Лоренца, які поєднують просторові координати з моментами часу просторово-часових подій за швидкостях руху системи $v \approx c$. Це призводить до відповідних залежностей розмірів тіл та часу тривалості процесів від швидкості руху системи. Ці питання розглядаються у межах *моделі релятивістської частинки*.

2) Факт наявності максимальної швидкості руху будь-якого матеріального об'єкта та поширення будь-якої взаємодії (швидкість світла у вакуумі c). Цей факт встановлено в результаті проведення конкретних експериментів (О. Рьомер, А. Фізо та ін.). У природі з цією швидкістю у вакуумі поширюються будь-які *електромагнітні хвилі*, а також, *гравітаційні хвилі*. Це питання обговорюється в курсі при вивченні *моделі релятивістської частинки*.

3) Дискретний та стохастичний (імовірнісний) характер природи на рівні мікросвіту. Під мікросвітом розуміються природні системи з розмірами, які за порядком величини відповідають розмірам атомно-молекулярних систем. Це власне молекули, атоми, атомні ядра, наносистеми тощо. Фізичний опис внутрішньої будови таких систем ґрунтується на квантових уявленнях і має переважно *імовірнісний характер*. Це виражається в тому, що єдиним способом опису поведінки мікрочастинок у таких мікросистемах є розрахунок хвильових функцій, за допомогою яких можна розрахувати лише *імовірність* певних діапазонів значень їхніх характеристик (наприклад, координат). Точні значення, за деякими винятками, лишаються недоступними. Факт стохастичного характеру мікросистем ґрунтується на низці конкретних експериментів (досліди з тепловим випромінюванням, досліди Девіссона та Джермера, та ін.). У курсі фізики він презентується при вивченні *моделі квантової мікрочастинки*.

Дискретність природи на рівні мікросвіту виражається в тому, що певні характеристики мікросистем за певних умов не можуть приймати значення в континуальному діапазоні, а лише певну

низку окремих значень. Цей факт доводиться конкретними експериментами Франка та Герца, Штерна та Герлаха та ін. У курсі фізики він презентується в межах *моделі атому Бора*.

4) **Фундаментальні фізичні закони.** До фундаментальних законів, відносяться закони, які мають *загально-фізичний статус*. Фундаментальний статус фізичного закону означає, що будь-яка теорія, модельні побудови якої суперечать даному закону, є неможливою. До фундаментальних законів навчального курсу фізики, ми відносимо:

а) *Закони збереження*, що пов'язані з фундаментальними властивостями простору і часу: закон збереження енергії, закон збереження імпульсу, закон збереження моменту імпульсу в ізольованих системах.

Закон збереження енергії презентується та конкретизується протягом всього курсу на ґрунті різних моделей: *моделі ізольованої системи механічних частинок, моделі термодинамічної системи, моделі електричного кола* та ін.

Закони збереження імпульсу та моменту імпульсу декларуються при розгляді *моделі ізольованої системи механічних частинок* і в подальшому узагальнюються в інших модельних побудовах (наприклад, у *моделі абсолютно твердого тіла, фотонній моделі електромагнітного випромінювання* та ін.).

Фундаментальний характер законів збереження безпосередньо пов'язаний з тим, що вони впливають з фундаментальних просторово-часових властивостей матерії. Формально-математичні докази цього в курсі загальної фізики не проводяться, і ці закони презентуються як узагальнення емпіричного досвіду.

б) *Закон збереження електричного заряду* – презентується як узагальнення емпіричного досвіду у межах *моделі ізольованої системи електрично заряджених частинок*, у подальшому він конкретизується при вивченні процесів у межах *моделі електричного кола, моделі електропровідного середовища* та ін.

Зазначимо, що існують і інші фундаментальні закони збереження, наприклад, закони збереження баріонного заряду, лептонного заряду та ін., але вони докладно не розглядаються в курсі фізики для нефізичних спеціальностей.

Крім того, фундаментальними також є:

в) *Закони, що описують фундаментальні фізичні взаємодії* на рівні, що використовується в загальному курсі фізики: закон всесвітнього тяжіння, закон Кулона, рівняння Максвелла. Закономірності сильних та слабких фундаментальних взаємодій в курсі загальної фізики на розглядаються.

Закон всесвітнього тяжіння презентується в межах *ньютонівської моделі гравітаційного поля* як результат теоретичного узагальнення гравітаційних явищ, проведеного І. Ньютоном. Сучасні теорії гравітації (загальна теорія відносності, квантові гравітаційні уявлення) у курсі докладно не розглядаються.

Закон Кулона описує найпростіший прояв *фундаментальної електромагнітної взаємодії*, а саме, взаємодію двох нерухомих точкових зарядів. Цей закон презентується в курсі при розгляді *моделі точкового електричного заряду* як висновок з аналізу результатів конкретних експериментів, проведених Ш. Кулоном (а також, Г. Кавендішем).

Рівняння Максвелла математично виражають фундаментальні фізичні закони, які описують електромагнітні взаємодії на класичному рівні у межах *моделі електромагнітного поля*. Ці рівняння сформульовані Д. К. Максвеллом на ґрунті аналізу експериментальних даних, накопичених на середину XIX ст. Опис електромагнітних взаємодій на ґрунті квантових уявлень (квантова електродинаміка) у курсі докладно не розглядається (за винятком *моделі фотона*).

г) *Закони, що поєднують мега- та мікросвіт з макросвітом* і є підґрунтям формування розуміння єдності фізичного світу: закон релятивістської інваріантності швидкості світла у вакуумі; формула Планка для енергії фотона, формула для довжини хвилі Де-Бройля.

Закон релятивістської інваріантності швидкості світла у вакуумі є фундаментом теорії відносності А. Ейнштейна. Цей закон сформульований як висновок з аналізу результатів відповідних конкретних експериментів (наприклад, експерименту А. Майкельсона та Е. Морлі). У курсі фізики цей закон презентується у межах *моделі релятивістської частинки*.

Формула Планка для енергії фотона – історично перша формула неklasичної квантової фізики. У курсі загальної фізики вона інтерпретується як наслідок теоретичного аналізу результатів низки експериментів (зокрема, стосовно теплового випромінювання нагрітих тіл). Ця формула презентується в межах *моделі фотона* як мінімальної порції електромагнітного випромінювання.

Формула для довжини хвилі Де-Бройля – відображає єдність корпускулярних та хвильових властивостей для всіх частинок матерії (а не тільки для фотонів). Ця формула запропонована Л. Де-Бройлем як результат теоретичного узагальнення відповідних співвідношень для фотонів і підтверджується результатами конкретних експериментів (Девіссона і Джермера, Рамзауера та ін.) Вона презентується в курсі в межах *моделі вільної квантової мікрочастинки*.

5) **Чисельні значення фундаментальних фізичних констант.** Фундаментальні фізичні константи – це сталі величини, які містяться в математичних формах, що описують фундаментальні фізичні властивості матеріального світу і *не визначаються через інші сталі*. Їх досить багато (див. [5]), однак у курсі загальної фізики для нефізичних спеціальностей зазвичай використовуються лише декілька: *гравітаційна стала G, швидкість світла у вакуумі c, стала Планка h, елементарний заряд e, електрична стала ϵ_0 (або магнітна стала μ_0), стала Больцмана, стала Авогадро, маси спокою електрона, протона, нейтрона*.

Чисельні значення фундаментальних сталих відіграють вирішальну роль у існуванні наявної фізичної структури природи та її фізичного опису. Так, наприклад, дуже велике значення швидкості світла в порівнянні зі швидкостями руху звичайних тіл надає можливість відокремлення ньютонівської механіки як механіки макросвіту, мале значення сталої Планка надає можливість відокремлення квантової фізики, як фізики мікросвіту. Чисельні значення фундаментальних фізичних констант визначаються лише експериментально. У курсі загальної фізики вони презентуються при вивченні відповідних фізичних моделей.

Висновки. 1) У навчальному курсі загальної фізики, в тому числі і для нефізичних спеціальностей, слід формувати певні концептуальні світоглядні уявлення стосовно фундаментальних фізичних властивостей природи, акцентувати увагу на цих питаннях при вивченні матеріалу курсу.

2) При вивченні зазначених питань слід відзначати, що фундаментальні фізичні властивості матеріального світу пізнаються виключно емпіричним шляхом – шляхом узагальнення емпіричного досвіду або шляхом аналізу результатів конкретних експериментів.

3) Формування уявлень про фундаментальні властивості природи має відбуватися при вивченні фізично-конкретного матеріалу на основі навчальних ідеальних фізичних моделей систем як розширення і доповнення цього матеріалу.

Використані джерела

1. Фоменко В.В. Роль та місце фізичного моделювання в курсі фізики для нефізичних спеціальностей вищих навчальних закладів // Наукові записки. – Випуск 55 – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.В. Винниченка. – 2004. – 356 с.
2. Фоменко В.В. Формування світоглядних якостей особистості в курсі загальної фізики на ґрунті навчальних фізичних моделей // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна / [редкол.: П.С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін.]. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2015. – Вип. 21: Дидактика фізики як концептуальна основа формування компетентнісних і світоглядних якостей майбутнього фахівця фізико-технологічного профілю. – 356 с.
3. Голубева О.Н. Теоретические проблемы общего физического образования в новой образовательной парадигме. – Дисс... докт. пед. наук. – Санкт-Петербург, 1995. – 314 с.
4. Фоменко В.В. Роль та значення навчальних фізичних моделей у курсі загальної фізики для нефізичних спеціальностей // Науковий часопис Національного педагогічного університету ім. М.П. Драгоманова. Серія № 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи. – Випуск 33: збірник наукових праць / за ред. проф. В.Д. Сиротюка. – К.: Вид-во НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2012. – 208 с. – С. 193-198.
5. CODATA Internationally recommended values of the Fundamental Physical Constants [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://physics.nist.gov/cuu/ Constants/](http://physics.nist.gov/cuu/Constants/).

Fomenko V.V.

REFLECTION OF FUNDAMENTAL PHYSICAL PROPERTIES OF NATURE IN A GENERAL PHYSICS COURSE ON SOIL OF IDEAL EDUCATIONAL PHYSICAL MODELS

In-process the considered problems of illumination of the questions related to fundamental physical properties of the material world are in the educational general physics course. Under fundamental physical properties of nature we understand such her properties and conformities to law, that are fundamental soil of scientific physical knowledge (physical theories). These properties can not be shown out by non-empiric reasoning, and the only method of their cognition is a empirical method: generalization of empiric experience or analysis of certain experimental researches.

To fundamental physical properties of nature, that expediently to learn in the educational course of general physics, we should take:

- *General spatio-temporal properties of matter;*
- *Fact of presence of the highest speed of motion of any body and distribution of any disturbance (speed of light in a vacuum);*
- *Discrete and stochastic (probabilistic) character of nature in Microcosm;*
- *Fundamental physical laws;*
- *Numeral values of fundamental physical constants.*

Another problem is determining the specific material based on the consideration of which in the course of general physics can form an idea concerning the fundamental physical properties. In our general physics course the material structural units are ideal physical models, because exactly through them broadcast of these ideas is training.

Key words: *general physics course, fundamental physical properties of nature, physical educational models.*

Стаття надійшла до редакції 07.05.2017