

Scientific journal  
**PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION**  
Has been issued since 2013.

ISSN 2413-158X (online)  
ISSN 2413-1571 (print)



Науковий журнал  
**ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА**  
Видається з 2013.

<http://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/>

*Івченко В.В. Про різні типи класифікації наукових навчальних моделей у курсі фізики вищого закладу освіти. Фізико-математична освіта. 2018. Випуск 3(17). С. 40-45.*

*Ivchenko Vladimir. On Different Types Of Classification Of The Scientific Models In University Physics Education. Physical and Mathematical Education. 2018. Issue 3(17). P. 40-45.*

DOI 10.31110/2413-1571-2018-017-3-007

УДК 378.147:53

**В.В. Івченко**

Херсонська державна морська академія, Україна  
reterty@gmail.com

#### ПРО РІЗНІ ТИПИ КЛАСИФІКАЦІЇ НАУКОВИХ НАВЧАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ У КУРСІ ФІЗИКИ ВИЩОГО ЗАКЛАДУ ОСВІТИ

**Анотація.** В статті розглянуто наступні типи класифікації наукових моделей у вишівському курсі фізики: класифікація моделей за типом наукової абстракції; класифікація моделей за предметом теоретичного опису; природна класифікація моделей та класифікація моделей за ступенем модельного узагальнення.

В першому випадку всі моделі можуть бути умовно розділені на абстракції ототожнення, абстракції граничного переходу та абстракції, що вводяться за означенням. Для другого випадку вирізняють моделі: фізичних систем, фізичних взаємодій, фізичних зв'язків, фізичних процесів, фізичних явищ та фізичних законів. У межах класифікації за ступенем модельного узагальнення можна виокремити фундаментальні, базисні та часткові моделі. Ми наводимо чотирнадцять дихотомічних типів фундаментальних моделей, а саме: статичні та динамічні моделі; моделі із зосередженими та розподіленими параметрами; дискретні та континуальні моделі; детерміновані та стохастичні моделі; гомогенні та гетерогенні моделі; лінійні та нелінійні моделі; періодичні та неперіодичні моделі; симетричні та асиметричні моделі; -нуль, -одно, -два та тривимірні моделі; «жорсткі» та «м'які» моделі; монолімітні та полілімітні моделі; моноконтекстні та поліконтекстні моделі; монотипні та дуальні моделі; дедуктивні, індуктивні та «плаваючі» моделі. Також розглянуто природну класифікацію наукових моделей в фізиці (механічні моделі, моделі теплових та електромагнітних явищ, оптичні моделі та моделі мікросистем).

Проаналізовані у даній роботі різні типи класифікації ідеальних фізичних моделей дозволяють всебічно висвітлити зміст кожної моделі, що розглядається у вишівському курсі фізики. Для кращого засвоєння студентами усього різноманіття характерних ознак таких моделей ми пропонуємо користатися технологією фреймового навчання. У роботі наведено приклади фреймування змісту двох базисних моделей – моделі матеріальної точки та моделі ідеального газу.

**Ключові слова:** курс фізики, класифікація наукових фізичних моделей, фреймове навчання.

**Постановка проблеми.** Зустрічаючись в повсякденному житті та практичній діяльності з різними фізичними об'єктами і зв'язками поміж ними, людина створює у власній свідомості модель, що складається з їх образів а також правил оперування ними. Моделі фізичної реальності почали створюватися у свідомості разом з виникненням самої свідомості. Тому не має нічого дивовижного, що деякі елементи цих моделей (наприклад, поняття простору і часу) настільки глибоко вкоренилися у нашій свідомості, що ряд філософів почали вважати їх не відображенням у свідомості елементів зовнішнього світу а самими формами свідомості. При вивченні фізики як науки завжди треба мати на увазі модельний характер її побудов. Задача фізики полягає у тому, щоб створити у нашій свідомості таку картину фізичного світу, яка найбільш повно відображувала його властивості та забезпечувала такі співвідношення поміж елементами моделі, які існують поміж елементами зовнішнього світу.

Побудовані мислено, в голові, ідеалізовані моделі фізичної реальності прийнято називати фізичними ідеалізаціями – об'єктами, неіснуючими та нездійсненими в реальному світі, але такі, що мають у ньому прообрази. Вперше, ґрунтовно метод ідеалізації був розглянутий австрійським істориком науки Е. Махом [1, с. 200]. Він писав: «Існує важливий прийом, який полягає в тому, що одна або декілька умов, які впливають на результат кількісно, подумки поступово зменшують кількісно, аж до тих пір доки воно не зникне повністю, так що результат буде залежати від інших умов. Такий процес у більшості випадків є нездійсненим; і його можна назвати процесом ідеальним». Різноманіття ідеальних моделей, що має місце у фізичній науці, потребує певної систематики, структурної організації та класифікації.

**Аналіз актуальних досліджень.** Одну з перших спроб такої систематизації здійснив Р. Пайєрлс [2]. Діяльнісно-генетична основа цієї моделі сама по собі цікава в аспекті методології фізики, видається, однак, непридатною для використання в цілях фізичної освіти. У фізично-освітньому контексті нас будуть цікавити систематики ідеальних моделей,

котрі використовуються в навчальному курсі загальної фізики, тобто наукових навчальних фізичних моделей (ННФМ). Під останніми ми будемо розуміти ідеальні моделі, що в змістовному, методичному та дидактичному аспектах відповідають умовам застосування для навчальних цілей у фізичній освіті в межах вишівського курсу фізики. ННФМ виконують роль дидактичної «проміжної ланки» між фізичними теоріями, що вивчаються у курсі фізики, і внутрішніми по відношенню до цих теорій поняттями та законами. Дійсно, такі моделі з одного боку «прив'язані» до відповідних провідних фізичних теорій, а з іншого – визначають низку фізичних понять та фізичних законів, притаманних кожній моделі.

**Мета статті.** Нижче ми розглянемо гібридну – фасетно-ієрархічну (паралельно-послідовну) класифікацію ННФМ. Фасетний (паралельний) характер її структури обумовлений тим, що така класифікація можлива на різних основах (за різними характерними ознаками). Ієрархічність полягає в тому, що кожен фасет має свою складну послідовно-підпорядковану структуру. Як буде видно з подальшого аналізу деякі з рівнів ієрархічної структури можуть складатися з декількох фасетів.

**Методи досліджень.** Узагальнення та системний аналіз літературних першоджерел з обраної тематики; застосування моделювання як ґносеологічного методу пізнання та навчання; таксономічні методи теорії класифікації та методологія фреймового навчання.

**Виклад основного матеріалу.**

### 1. Типи класифікацій ННФМ.

**1.1 Класифікація ННФМ за типом наукової абстракції.** Ідеалізації являють собою різновиди наукових абстракцій. В радянській і пострадянській науковій думці прийнято виділяти три типи ідеалізацій. До них відносяться абстракції ототожнення, абстракції граничного переходу та ідеалізації, що вводяться за визначенням [3, с. 164]. Нижче ми коротко опишемо кожен з цих типів стосовно до фізичних об'єктів.

Реальний об'єкт завжди є носієм нескінченно великої сукупності властивостей. Якщо  $X$  – об'єкт,  $P$  – його властивість, то вираз  $P(X)$  означає, що  $X$  володіє властивістю  $P$ . Набір  $\{P_i(X)|i=1,2,\dots\rightarrow\infty\}$  повністю описує даний об'єкт. У результаті процесу абстрагування, за якого з усіх властивостей об'єкта обирається певна фінітна сукупність властивостей  $\{P_j(X)|j=1,2,\dots,m\}$ , притаманних лише певній множині об'єктів, а всі інші властивості елімінуються («опускаються»), утворюється збиральний образ  $Y$ , який зветься **абстракцією ототожнення** (сам процес у цьому випадку зветься елімінативним абстрагуванням). Так, наприклад, тверде тіло – це абстракція ототожнення, якій притаманні властивості зберігати свою форму і розміри за відсутності зовнішніх впливів; його атоми займають певні положення, навколо яких вони здійснюють малі коливання. До абстракцій ототожнення належать також поняття рідини, газу, механічного руху, теплого двигуна і т.д. Таким чином, велика частка фізичних понять являють собою ідеалізовані ментальні або вербальні об'єкти, що належать до абстракцій ототожнення. Слід звернути увагу на те, що абстракція ототожнення завжди є «збідненням» реального об'єкта а не новим об'єктом.

Математичною моделлю  $M$ , що описує поведінку певного абстрактного образу  $Y$ , зветься сукупність алгебраїчних або диференціальних рівнянь  $E$ , записаних в термінах змінних  $V_j$ , які є кількісними характеристиками властивостей  $P_j$ . У процесі аналізу співвідношень (перелік таких співвідношень наведено в [4]) поміж функціями від  $V_j$  в цих рівняннях дуже часто виявляється, що певною їхньою низкою, у порівнянні з іншими, можна знехтувати. Так утворюється ідеалізована модель  $M_i$ , яка є спрощенням моделі  $M$ . Моделі  $M_i$  можна поставити у відповідність ментальну фізичну модель  $Z$ , яка є, фактично, частковим випадком ідеалізації  $Y$ . Проте, в більшості випадків введення навчальних ідеальних моделей під час викладання фізики, процес утворення ідеалізації  $Z$  з  $Y$  робиться напряму і передує процедурі створення моделі  $M_i$ . Такий процес здійснюється за допомогою прийому, що дістав назву продуктивного абстрагування. При цьому ряд безрозмірних (зведених) характеристик  $V_k$  ідеалізації  $Y$  спрямовують до своїх максимальних або мінімальних значень. Так, наприклад, при побудові моделі абсолютно твердого тіла його твердість наближають її до нескінченності. У межах моделі ідеального газу розміри молекул та сили взаємодії між ними спрямовують до нуля і т. д. Для моделі однорідного векторного поля вважається, що його вектор-функція не залежить від просторових координат, тобто є сталою за напрямком та модулем. Тому ідеальна модель  $Z$  дістала назву **абстракції граничного переходу**.

Залежно від значень характеристик  $V_k$ , серед моделей граничного переходу можуть мати місце й інфінітні («нескінченні», «асимптотичні») моделі «нескінченно великого» ( $V_k \rightarrow \infty$ ), «нескінченно малого» ( $V_k \rightarrow 0$ ), а також моделі із зосередженими параметрами або статичні моделі ( $V_k = \text{const}$ ). Інколи віднесення певної моделі до того чи іншого типу інфінітних моделей залежить від того, для якої характеристики буде здійснюватися граничний перехід. Якщо, наприклад, межах моделі «дальнодії» обрати за таку характеристику швидкість розповсюдження взаємодії, то така абстракція буде являти собою моделі «нескінченно великого» (швидкість здійснення такої взаємодії є нескінченно великою). Якщо ж в якості такої характеристики обрати час передачі взаємодії  $\tau$  для об'єктів, що знаходяться на певній фінітній відстані, то така ідеалізація буде моделлю «нескінченно малого» ( $\tau \rightarrow 0$ ). Моделі зі сталим параметром мають на увазі, що певна характеристика  $V_k$  не залежить від одного або декількох аргументів  $a_s$ , тобто приймає у відношенні до нього сталі значення –  $V_k = \text{const}$  ( $\partial V_k / \partial a_s = 0$ ). За кількістю граничних переходів моделі граничного переходу можуть бути умовно розділені на полілімітні (більше одного переходу) та монолімітні (один перехід).

Нарешті, третім видом ідеалізацій у фізиці є **теоретичні конструкти** – моделі, що вводяться за допомогою одного або декількох постулатів. До таких моделей належать суцільне середовище, електромагнітне поле, електрон, фотон та ін. Розглянута класифікація ННФМ, на наш погляд, є найбільш фундаментальною, оскільки розкриває саму сутність модельного підходу в науковому пізнанні.

**1.2 Класифікація ННФМ за предметом теоретичного опису.** За предметом теоретичного опису усі ННФМ можна поділити на моделі: фізичних систем, фізичних взаємодій, фізичних (механічних) зв'язків, фізичних процесів, фізичних явищ та фізичних законів. В. В. Фоменко [5] визначає фізичну систему як певну частину реальності, що подумки відокремлюється від іншої реальності з метою фізичного модельного пояснення. Залежно від умов задачі фізична система може містити окрему частинку (наприклад, матеріальна точка), певний набір частинок або тіл (наприклад, ідеальний газ), фізичні поля (наприклад, гравітаційне поле) і навіть Всесвіт у цілому. Модельний характер цього поняття полягає в уявному відмежуванні даної частини реальності від інших її частин.

У загальній постановці завдання модельного дослідження фізичних систем полягає у:

а) визначенні значень певних характеристик стану системи (набір певних характеристик системи, виражених у формі математичних конструктів – чисел, векторів, матриць, функцій і т. п.) за відомими значеннями інших її характеристик та параметрів зовнішнього впливу в певний момент часу з урахуванням (або без урахування) попередньої еволюції системи (статична задача);

б) прогнозуванні еволюції характеристик стану системи в часі та просторі за відомими початковими значеннями цих характеристик та відомими просторово-часовими залежностями параметрів зовнішнього впливу (динамічно-еволюційна задача).

Інколи в літературі розглядають також ідеалізації умов існування тієї чи іншої системи (ізолювана механічна система, адіабатна оболонка та ін.). Проте, ці умови самі по собі не мають ніякого змісту а нерозривно пов'язані з властивостями фізичних систем, тому ми не виокремлюємо їх в окремий тип моделей за цією класифікацією.

Фізичними взаємодіями називаються взаємні матеріальні впливи фізичних систем або частин однієї системи, результатом яких є можлива зміна їхніх фізичних станів. У разі, коли задача стосується фізичного опису тільки одної конкретно визначеної системи, взаємодії з нею з боку іншої частини реальності називаються фізичним впливом на дану систему. Задача моделювання фізичних взаємодій та фізичних впливів полягає у їхньому модельному поясненні на певному рівні, що відповідає рівню моделювання фізичної системи (або фізичних систем) з відповідним завданням моделювання та модельними відмежуваннями.

Фізичними (механічними) зв'язками називають обмеження, що накладаються на координати та швидкості частин системи за будь-якого її руху. Механічний зв'язок можна описати математично як рівність або нерівність, що містить час та координати та швидкості гомогенних частин системи. Моделювання механічних зв'язків може здійснюватися за допомогою різноманітних припущень. Так виникають: голономні, ідеальні та односторонні зв'язки.

Під фізичним процесом розуміють послідовну в часі зміну станів та характеристик системи (зміна положення тіла, нагрівання або охолодження предметів, зміна струму в колі і т. ін.). Процеси поділяють на вільні та вимушені залежно від типу причин (внутрішніх чи зовнішніх), що їх обумовили. Фізичне моделювання процесів ґрунтується на моделюванні фізичних систем та фізичних взаємодій у тому розумінні, що модельні процеси відбуваються у відповідних модельних фізичних системах, і вони є результатом тих взаємодій, які відбуваються у цих системах (або тих фізичних впливів, що діють на цю систему ззовні). В найбільш «грубій» модельній апроксимації для вимушених процесів вважають, що система миттєво реагує на зміни зовнішнього впливу на неї, тобто перехідні процеси в неї є відсутніми. Проте, слід зазначити, що вивчення перехідних процесів є важливим кроком у процесі аналізу динамічних властивостей та якості досліджуваної системи.

Для дослідження фізичних систем та процесів дуже важливо задати початкові та (або) граничні умови в яких перебуває система. Це дозволяє виокремити єдиний розв'язок відповідного диференціального рівняння з певної їх сукупності.

Фізичними явищами у навчальному курсі фізики називаються емпірично спостережувані або експериментально досліджувані вияви фізичної сутності об'єктів та процесів реальності, що розгортаються у часі та просторі. На практиці фізичні явища фіксуються у вигляді певної досить значної сукупності надійно встановлених фізично однотипних емпіричних та експериментальних фактів. Фізичне моделювання явищ ґрунтується на моделюванні фізичних систем та фізичних процесів з урахуванням відповідних моделей взаємодій.

Під фізичними законами розуміють емпірично встановлені та виражені у словесному формулюванні та математичному запису стійкі зв'язки поміж повторюваними фізичними явищами, процесами або станами систем. Реалізація модельного підходу у даному випадку полягає у побудові моделі  $M_1$  та у подальшому розв'язанні системи рівнянь  $E$  з метою встановлення зв'язку поміж змінними, що входять у цю систему. Таким чином, всі моделі фізичних законів являють собою абстракції граничного переходу, тобто мають наближений характер. Такими, наприклад, є всі «лінійні» закони у фізиці (за номенклатурою Пайєрлса [2] – моделі «лінійного відклику»).

Розглянута класифікація є більш повною ніж наведена у роботі [6] і містить всі компоненти фізичного знання, що піддаються модельному опису.

**1.3 Природна класифікація ННФМ.** Залежно від типу явищ, що вивчаються за допомогою моделей, останні поділяються на: механічні моделі, моделі теплових та електромагнітних явищ, оптичні моделі та моделі мікросистем.

**1.4 Класифікація ННФМ за ступенем модельного узагальнення.** Під ступенем модельного узагальнення розуміється характеристика фізичної моделі, що відбиває рівень її модельного абстрагування від об'єктів реальності. Але, за якими ознаками ми можемо оцінити «ступінь ідеалізованості» моделі? В роботі [7] запропоновані два критерії за якими слід «вимірювати» цей ступінь, а саме:

- яку кількість ідеалізацій (тобто граничних переходів) містить дана модель;
- наскільки «ідеалізованими» є ці ідеалізації.

Якщо виходити з першого критерію, то всі полілімітні моделі повинні були б мати більший «ступінь ідеалізованості» ніж монолімітні. Наприклад, модель вільно падаючого тіла [8] була б більш абстрактною ніж модель матеріальної точки. Проте, є зрозумілим, що друга модель може застосовуватися у набагато більшій кількості випадків (фізичних ситуацій) ніж перша, тобто має більший ступінь ототожнення (елімінативного абстрагування). Тому основним

критерієм при визначенні ступеня модельного узагальнення ми будемо вважати надалі другий критерій. У відповідності з цим зауваженням, наприклад, модель термодинамічної системи має вищий ступінь абстрагування ніж модель ідеального газу а модель суцільного середовища є більш абстрактною ніж модель абсолютно нестискуваної рідини.

У відповідності з [9 с. 190-192] усі ННФМ за «ступенем ідеалізованості» поділяються на фундаментальні, базисні і часткові. Під фундаментальними розуміють моделі, що відображують саму сутність моделювання в науці і яким притаманний найвищий рівень абстрактної відмежовуваності. Такі ННФМ мають загальнонаукове значення і пов'язані, навіть, не з фундаментальними фізичними теоріями, а з певними фундаментальними методологіями дослідження навколишнього світу.

Оскільки в основі будь-якого процесу фізичної ідеалізації лежать суто математичні ідеї, то класифікація фундаментальних фізичних моделей має співпадати із формальною класифікацією математичних моделей. У відповідності з цим фактом можна виділити наступні дихотомічні типи фундаментальних моделей:

**а) статичні (стаціонарні) та динамічні (нестационарні) моделі.** Статичні моделі оперують характеристиками і об'єктами, які не змінюються в часі ( $\partial V_k / \partial t = 0$ ). У динамічних моделях, які зазвичай більш складні, зміна параметрів у часі є суттєвою. Типовим прикладом статичної системи можна вважати (в певному наближенні) будь-яке тіло, що лежить на поверхні Землі; в якості яскравого прикладу динамічної системи можна навести модель Сонячної системи. Зауважимо, що всі моделі фізичних процесів є виключно динамічними моделями, оскільки вони описують еволюцію в часі певної фізичної системи.

**б) моделі із зосередженими (однорідними в просторі) та розподіленими (неоднорідними в просторі) параметрами.** Ці поняття є просторовими аналогами стаціонарності та нестационарності. Якщо об'єкт є таким, що можна знехтувати різницею параметрів процесу в різних точках і вважати, що всі вони (концентрація, температура та ін.) повністю вирівняні по об'єму, то цей об'єкт зветься об'єктом із зосередженими параметрами. В описанні такого об'єкта похідні по координатах дорівнюють нулю, що сильно спрощує задачу. У деякому сенсі об'єкт із зосередженими параметрами можна розглядати як точку, в якій відбувається процес, оскільки ніяких змін від точки до точки тут не відбувається. Якщо параметри об'єкту суттєво змінюються від точки до точки, то такий об'єкт зветься об'єктом з розподіленими параметрами.

**с) дискретні («переривчасті») та неперервні (континуальні) моделі.** Для континуальних моделей характерним є те, що їх фізичні параметри неперервно змінюються у просторі та (або) часі. В протилежному випадку, тобто у випадку стрибкоподібної зміни таких характеристик у просторі та (або) часі, кажуть про існування дискретних моделей. Прикладами континуальних моделей систем та процесів є, відповідно, моделі суцільного середовища та гармонічного струму. До дискретних моделей можна віднести модель кристалічної решітки та поведінки (у найпростішому випадку, тобто у випадку нехтування перехідними процесами) електричного струму при замиканні або розмиканні електричного кола.

**д) детерміновані («чітко визначені») та стохастичні («випадкові») моделі (поділ за типом наукової раціональності).**

Детерміновані моделі передбачають принципову контрольованість впливів на об'єкт, що досліджується, як з боку дослідника (наприклад, при вимірюванні її характеристик), так і з боку зовнішнього середовища. Якщо в наявності є неконтрольована компонента такого впливу, то кажуть про стохастичну модель. Типовими прикладами детермінованих та стохастичних моделей є класична частинка та явище броунівського руху.

**е) гомогенні (прості) та гетерогенні (складні) моделі.** Моделі фізичних систем за рівнем їхньої складності поділяються на прості (гомогенні) та складні (гетерогенні) модельні фізичні об'єкти. Прості системи (матеріальна точка, абсолютно тверде тіло і т.д.) являють собою «первісні ідеальні об'єкти», які характеризуються внутрішньою гомогенністю модельного опису. Складні моделі фізичних систем (ідеальний газ, математичний маятник) характеризуються гетерогенним характером модельного опису, вони являють собою певну структуровану систему простих або інших складених модельних об'єктів, що виступають як окремі взаємопов'язані елементи даного складеного модельного об'єкта. Для гетерогенних систем необхідно визначити типи зв'язків між кожною парою гомогенних частин системи.

**ф) лінійні («лінійного відклику») та нелінійні («нелінійного відклику») моделі.**

В моделях «лінійного відклику» зв'язок між певною парою фізичних величин (фізичний закон), які є, відповідно, «причиною» (аргументом) та «наслідком» (функцією), приймається наближено лінійним на певному («невеликому») інтервалі зміни аргументу. Наприклад, в нерелятивістській динаміці Ньютона прискорення об'єкта є прямо пропорційним рівнодійній силі, прикладеної до нього. Відповідно, для моделей «нелінійного відклику» такий функціональний зв'язок є більш складним (нелінійним).

**г) «періодичні» та «аперіодичні» («неперіодичні») моделі.** Якщо в межах певної моделі деяка фізична величина змінюється в часі та (або) просторі з певним періодом, то таку модель будемо називати «періодичною». В якості прикладів «періодичних» моделей можна навести різні типи хвиль, промисловий змінний струм, модель довільної ідеальної кристалічної решітки. Якщо ж моделі не притаманна жодна періодичність, то кажуть про «аперіодичну» модель (наприклад, затухаючі коливання).

**h) «симетричні» та «асиметричні» («несиметричні») моделі.** Властивість періодичності об'єкту є важливим але не єдиним прикладом наявності в нього певного типу симетрії. Наприклад, моделі кристалічної решітки характеризуються не тільки просторовою періодичністю але й наявністю певної дзеркально-поворотної симетрії. Відповідно кажуть про симетричні моделі. Якщо деякі елементи симетрії є відсутніми, то таку модель будемо називати асиметричною. Типовим прикладом в даному випадку може виступати модель асиметричної квантової ями.

**і) «нуль», «одно», «два» та «тривимірні» моделі.** Усі об'єкти реального світу є тривимірними конструкціями. Проте, для вирішення певних фізичних задач та для певних об'єктів можна не враховувати їх протяжність в одному, двох або, навіть, трьох напрямках. Тоді можна казати про двовимірні, одновимірні та нульвимірні моделі. Наприклад: нескінченні рівномірно заряджені площина та нитка, квантові дроти та квантові точки, матеріальна точка і т. ін.

**ж) «жорсткі» («rigid») та «м'які» («soft») моделі.** За номенклатурою академіка В. Арнольда [10, С. 29-51] «жорсткі» моделі виникають внаслідок сильної ідеалізації реального фізичного об'єкта. Властивості таких моделей зазнають якісних

змін за рахунок малих «збурень» Якщо модель зберігає свою поведінку під впливом малих «збурень», то кажуть, що така модель є структурно стійкою і називають її «м'якою». Прикладами «жорстких» моделей є гармонічний осцилятор та ідеальний газ; до «м'яких» моделей можна віднести, наприклад, модель затухаючого осцилятора та модель газу Ван-дер-Ваальса.

**к) монолімітні та полілімітні моделі.** Поділ моделей граничного переходу на монолімітні та полілімітні здійснюється шляхом визначення кількості різнорідних граничних переходів, що здійснюються в процесі продуктивного абстрагування. Так, модель матеріальної точки є монолімітною моделлю (розміри об'єкту спрямовують до нуля), тоді як модель ідеальної рідини – полілімітною моделлю (в'язкість та стискуваність рідини спрямовують до нуля).

**л) моноконтекстні та поліконтекстні моделі.** З точки зору формальної теорії понять, певна сукупність ННФМ має неоднозначність змісту. Інакше кажучи, такі моделі являють собою поліконтекстні поняття [11]. До такого роду понять відносяться, наприклад, моделі матеріальної точки, ідеального газу і точкового джерела світла. Звичайно, більшість ННФМ має цілком чіткий зміст, тобто відноситься до моноконтекстних моделей.

**м) монотипні та дуальні моделі.** Дуальні моделі являють собою два протилежні граничні випадки модельного опису певного об'єкта. В якості прикладів можна навести: абсолютно пружний та непружний удари; лінійно поляризоване та природне світло; пряму та обернену решітки; матеріальну точку та нескінченно протяжний об'єкт і т. д. Натомість, монотипні моделі не мають «протилежної моделі-антагоніста»; вони отримані шляхом єдиного граничного переходу. Наприклад, всі моделі, зазначені першими в п. (а)-(і) є монотипними і отримані шляхом певних граничних переходів з моделей, зазначених у цих пунктах другими.

**н) дедуктивні, індуктивні та «плаваючі» («floating») моделі.** Дедуктивні та індуктивні моделі являють собою два дуальні типи моделей. Дедуктивна модель – це модель, що базується виключно на певній апіорній теорії (модель нейтрино, кваркова модель). Індуктивна модель виходить лише з узагальнення емпіричних даних, або, навіть, пов'язана зі створенням нової теорії, що базується на окремих експериментальних фактах. Переважна кількість ідеальних моделей в фізиці є саме індуктивними (модель ідеального газу, модель атомного ядра Резерфорда, модель релятивістської частинки і т. ін.). «Плаваюча» модель не спирається ні на теорію, ні на спостереження, а лише на необхідність спрощення математичного опису об'єкта (моделі матеріальної точки та суцільного середовища, модель світлового променя і т. ін.).

Під базисними моделями навчального курсу фізики [5] розуміють моделі фізичних об'єктів, на яких ґрунтується модельне пояснення провідних фізичних закономірностей (гіпотез, теорій) реальності у межах відповідних змістовних модулів курсу. Базисні моделі мають менший ступінь модельної узагальненості, ніж розглянуті вище фундаментальні моделі і за цим критерієм, у сутю гносеологічному аспекті, виступають по відношенню до них частковими моделями. До базисних моделей належать: у механіці – класична (релятивістська) частинка, нерелятивістська (ньютонівська) частинка, абсолютно тверде тіло, ідеальна рідина та ін.; у термодинаміці і статистичній фізиці – термодинамічна система, ідеальний газ, газ Максвелла-Больцмана та ін.; в електриці та магнетизмі – точковий заряд, електромагнітне поле, електричний диполь та ін., в курсі коливань та хвиль – осцилятор, плоска хвиля та ін.; в оптиці – світловий промінь, когерентні джерела, монохроматична хвиля, ідеальна оптична система та ін.; в квантовій фізиці – квант електромагнітного випромінювання, мікрочастинка, гази Бозе-Ейнштейна і Фермі та ін.; в атомній і ядерній фізиці – борівська модель атому, різного роду ядерні моделі, елементарна частинка та ін.

Часткові моделі [5] описують окремі фізичні властивості реальності, важливі у прикладному та професійно-прикладному аспектах, тобто такі моделі пов'язані з розв'язком практичних питань (модель ізотермічної атмосфери, вільне падіння та ін.). На відміну від базисних часткові моделі складають варіативну компоненту курсу фізики і закладають змістовну основу професійно-прикладної спрямованості фізичної освіти для цих спеціальностей.

**2. Фреймове структурування змісту понять про ННФМ.** Для розкриття студентами-фізиками змісту кожної з ННФМ, що розглядаються у вузівському курсі фізики, ми пропонуємо використовувати можливості фреймового навчання. Згідно з означенням, навчальний фрейм – це мінімізований опис певного поняття, або точніше, «рамка» для представлення стереотипної інформації при організації значних об'ємів пам'яті [12]. Фреймова схема містить пусті слоти фреймового вікна, які заповнюються інформацією. Для нашого випадку ці слоти заповнюються студентами самостійно за допомогою класифікацій, наведених в п. 1.1-1.4. Вибір кожної суттєвої ознаки моделі повинен бути прокоментований та обґрунтований студентами в процесі обговорення. Приклади фреймування змісту двох базисних фізичних моделей наведено на рис. 1, 2.

- модель граничного переходу;
- базисна модель механічної системи;
- дискретна;
- детермінована;
- гомогенна;
- нульвимірна;
- монолімітна;
- поліконтекстна;
- дуальна;
- «плаваюча»

Рис. 1. Фреймовий опис моделі матеріальної точки

- модель граничного переходу;
- базисна модель термодинаміки;
- дискретна;
- стохастична;
- гетерогенна;
- тривимірна;
- полілімітна;
- поліконтекстна;
- монотипна;
- індуктивна

Рис. 2. Фреймовий опис моделі ідеального газу

**Висновки.** Розглянуті у даній роботі різні типи класифікації ННФМ дозволяють всебічно висвітлити зміст кожної моделі, що розглядається у вишівському курсі фізики. Для кращого засвоєння усього різноманіття характерних ознак таких моделей ми пропонуємо користатися технологією фреймового навчання.

Список використаних джерел

1. Мах Э. Познание и заблуждение. Очерки по психологии исследования. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. 456 с.
2. Пайерлс Р. Построение физических моделей. УФН. 1983. Выпуск 2(140), С. 315-332.
3. Ушаков Е. В. Введение в философию и методологию науки: Учебник. М.: «Экзамен», 2005. 528 с.
4. Raiman, O. Order of magnitude reasoning. *Artificial Intelligence*. 1991. Vol. 51(1-3), p.11-38.
5. Фоменко В.В. Навчальні фізичні моделі загального курсу фізики та їх систематизація за предметом фізичного опису. *Наукові записки РВВ КДПУ ім. В. Винниченка. Серія: Педагогічні науки*. 2005. Выпуск 60(2), с. 133-139.
6. Etkina, E., Warren, A., and Gentile, M. The role of models in physics instruction. *Phys. Teach.* 2006. Vol. 44(1), p.34-39.
7. Xavier de Donato Rodriguez and Alfonso Arroyo Santos. On The Structure of Idealization in Biological Theories: The Case of the Wright-Fisher Model. *J. Gen. Philos. Sci.* 2012. Vol. 43(1), p.11-27.
8. Ivchenko, V. On projectile motion with quadratic drag force. *Eur. J. Phys.* 2018. Vol. 39(4), p.045004 (1-9).
9. Голубева О.Н. Теоретические проблемы общего физического образования в новой образовательной парадигме: Дисс. докт. пед. наук: 13.00.02. М., 1995. 314 с.
10. Арнольд В.И. "Жесткие" и "мягкие" математические модели. Математическое моделирование социальных процессов. М.: МГУ, 1998. 234 с.
11. Івченко В.В. Особливості формування понять про наукові навчальні фізичні моделі у вишівському курсі фізики з урахуванням їх нечіткості. *Збірник наукових праць ХДУ "Педагогічні науки"*. 2016. Выпуск 71(1) С. 103-107.
12. Шарко В.Д. Фреймовий підхід до засвоєння знань та підготовка майбутніх вчителів фізики до його застосування в навчальному процесі. *Збірник наукових праць ХДУ "Педагогічні науки"*. 2016. Выпуск 71(2) С. 153-163.

References

1. Mach, E. (1976). Knowledge and error: sketches on the psychology of enquiry. Dordrecht ; Boston : D. Reidel Pub. Co. 393 p.
2. Peierls, R. Model-Making in Physics. *Contemp. Phys.* 1980. Vol. 21, p.3-17.
3. Ushakov E. V. Vvedenie v filosofiyu i metodologiyu nauki: Uchebnik. M.: «Eksamen», 2005. 528 s.
4. Raiman, O. Order of magnitude reasoning. *Artificial Intelligence*. 1991. Vol. 51(1-3), p.11-38.
5. Fomenko V.V. Navchalni fizychni modeli zagalnogo kursu fizyky ta yix systematyzaciya za predmetom fizychnogo opysu. *Naukovi zapysky` RVV KDPU im. V. Vynnychenka. Seriya: Pedagogichni nauky*. 2005. Vypusk 60(2), s. 133-139.
6. Etkina, E., Warren, A., and Gentile, M. The role of models in physics instruction. *Phys. Teach.* 2006. Vol. 44(1), p.34-39.
7. Xavier de Donato Rodriguez and Alfonso Arroyo Santos. On The Structure of Idealization in Biological Theories: The Case of the Wright-Fisher Model. *J. Gen. Philos. Sci.* 2012. Vol. 43(1), p.11-27.
8. Ivchenko, V. On projectile motion with quadratic drag force. *Eur. J. Phys.* 2018. Vol. 39(4), p.045004 (1-9).
9. Golubeva O.N. Teoreticheskie problemy obshego fizicheskogo obrazovaniya v novej obrazovatelnoj paradigme: Disc. dokt. ped. nauk: 13.00.02. M., 1995. 314 s.
10. Arnold V.I. "Zhestkie" i "myagkie" matematicheskie modeli. Matematicheskoe modelirovanie socialnyh processov. M.: MGU, 1998. S.29-51.
11. Ivchenko V.V. Osoblyvosti formuvannya ponyat pro naukovi navchalni fizychni modeli u vyshivskomu kursi fizyky z uraxuvannyam yix nechitkosti. *Zbirnyk naukovykh pracz XDU "Pedagogichni nauky"*. 2016. Vypusk 71(1) S. 103-107.
12. Sharko V.D. Frejmovyj pidxid do zasvoyennya znan ta pidgotovka majbutnix vchyteliv fizyky do jogo zastosuvannya v navchalnomu procesi. *Zbirnyk naukovykh pracz` XDU "Pedagogichni nauky"*. 2016. Vypusk 71(2) S. 153-163.

ON DIFFERENT TYPES OF CLASSIFICATION OF THE SCIENTIFIC MODELS IN UNIVERSITY PHYSICS EDUCATION

Ivchenko Vladimir

Kherson State Maritime Academy, Ukraine

**Abstract.** The article deals with the following backgrounds of classification of the scientific models in higher physics education: the classification of models by the type of scientific abstraction; the classification of models by the subject of theoretical description; the natural classification and classification by the degree of model abstraction.

In the first case all models can be divided into the identification abstractions, the limit transition abstractions and the abstractions which are introduced by definitions. In the second one we have the models of: physical systems, physical interactions, physical constraints, physical processes, physical phenomena and physical laws. For classification by the degree of model abstraction one can distinguish the fundamental, basic and particular models. We single out fourteen types of fundamental models. These are: static and dynamic models; models with lumped and distributed in space parameters; discrete and continuous models; deterministic and stochastic models; homogeneous and heterogeneous models; linear and nonlinear models; periodic and non-periodic models; symmetric and asymmetric models; zero-, one-, two- and three-dimensional models; rigid and soft models; single-limit and multiple-limit models; monocontextual and polycontextual models; monotypic and dual models; deductive inductive and floating models. We also describe the natural classification of the scientific models in physics (mechanical models, models of thermal and electromagnetic phenomena, optical models and models of microsystems).

The different types of classification of the scientific physical models considered in this paper allow to comprehensively cover the contents of each model that is considered in higher physics education. For better understanding the variety of features of such model by students, we suggest using the frame routine strategy. As an example, we give the frame description of two basic models – the point particle and the ideal gas models.

**Key words:** physics education, classification of the scientific physical models, frame routine strategy.