

Л.Л. Рикова
**МОДЕЛЮВАННЯ ЯК
СПОСІБ НАОЧНОГО
ВІДОБРАЖЕННЯ РЕАЛЬНОЇ
ДІЙНОСТІ В
НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ**

Одним з основних принципів практичної діяльності В.А. Сухомлинського був принцип наочності в навчанні [2:99]. Реалізація цього принципу значною мірою пов'язана з використанням моделей (у тому числі почуттєвих), які є по суті спрощеним (тому й наочним) відображенням дійсності. Якщо в процесі наукового дослідження вчені, накопичуючи й узагальнюючи наукові результати, створюють моделі досліджуваних явищ і процесів, які раніше не існували, то специфікою (відмінністю) моделювання в навчальному процесі є можливість педагога використовувати у своїй практичній роботі кращі моделі, вже створені вченими й педагогами. Зрозуміло, що кращі педагоги, що творчо ставляться до процесу навчання, не обмежуються моделями, описаними в навчальній літературі; вони є авторами нових модельних підходів, методичних «родзинок», що сприяють кращому розумінню навчального матеріалу учнями. Таким педагогом-новатором був Василь Олександрович Сухомлинський.

Хоча в гносеологічному аспекті моделю як специфічною формою й особливим засобом пізнання користувалися давно, однак донедавна уявні моделі мало чим відрізнялися від звичайних подань, а матеріальні моделі - від макетів або мініатюрних копій досліджуваних

предметів. Для серйозного гносеологічного дослідження необхідно оцінити пізнавальне значення моделі, зіставити ці поняття з іншими гносеологічними категоріями. Революція у фізиці та круте руйнування старих уявлень про мікросвіт породили відомий скептицизм відносно пізнавальних можливостей моделі. Він особливо підсилювався у зв'язку з відкриттям співвідношення невизначеностей. Зроблені звідси Гейзенбергом [3:82] гносеологічні висновки («принцип ненаочності») означали по суті відмову від застосування моделі в атомній фізиці. Насправді це була відмова від «класичних» форм побудови моделі, виникла потреба у розширенні цього поняття. Порушуючи питання про модель як гносеологічну категорію, тобто бажаючи визначити роль моделей у процесі пізнання, необхідно знайти ту загальну властивість, що поєднує всі види наукової моделі, і на цій підставі дати їй загальне визначення, що задовольняє всьому різноманіттю моделей, і, якщо це виявиться можливим, розглянути їхню специфіку, своєрідність і відмінні риси.

Модель, якою б вона не була, завжди означає деякий спосіб відображення реальної дійсності. «Модель, – пише Г. Фрей, – варто завжди розглядати як відображення. Питання полягає в тому, що відображається і як виглядає функція відображення» [5:213]

Підкреслимо, що поняття «відображення» має два значення, суть яких у значній мірі визначає вид моделі. У першому, гносеологічному значенні відображення розуміється як пізнавальний процес, що складається

у впливі явищ зовнішнього миру на пізнавальні здатності людини, в результаті чого в його свідомість надходить інформація ззовні й виникають образи, що мають у силу цього певну подібність із відповідними об'єктами. У другому значенні, що більш характерне для спеціальних наук, відображення розуміється як відношення подібності між двома системами, одна з яких розглядається як образ іншої. У цьому випадку відображення не є результатом більш-менш безпосереднього надходження інформації від однієї системи до другої, а являє собою наслідок інших, більш складних і віддалених відносин між ними. Помітимо, що в обох випадках модель містить елемент фантазії, будучи продуктом творчої уяви, причому цей елемент фантазії в тій або іншій мірі завжди повинен бути обмежений фактами, спостереженнями, вимірами.

Розглядаючи моделі з погляду розуміння їх як засобу відображення тієї або іншої частини дійсності, всі моделі можуть бути попередньо розділені на два великих класи: 1) діючі, або матеріальні, і 2) «уявлювані», або ідеальні, моделі.

До першого класу відносяться моделі, які, хоч і створені людиною, існують об'єктивно, будучи втілені в металі, дереві, склі, електричних елементах і інших матеріальних предметах. У свою чергу матеріальні моделі можна розділити на два типи. Моделі першого типу мають «фізичну» природу, однакову з досліджуваним об'єктом. Це так звані моделі «по суті». У таких моделях у порівнянні з «оригіналом» можуть бути змінені просторова або часова шкали. Прикладом моделей,

заснованих на зміні просторової шкали, є розміри гребель, кораблів, літаків і т.п. Як приклад перетворення часової шкали в моделі в порівнянні з оригіналом Н. Вінер і А. Розенблют [6:318] указують на використання дрозофіли в генетиці як модель для дослідження проблеми спадковості через величезну швидкість розмноження цих комах. З таким же станом ми зіштовхуємося в криогенному матеріалознавстві, коли властивості берилієвих сплавів при низьких температурах вивчаються на цинкових кристалах, у яких структура така ж, як і в берилію, але для яких кімнатні температури є низькими. У цьому випадку цинк – модельний матеріал: досліджуючи пластичну деформацію в цинку при кімнатній температурі, ми отримуємо таку ж картину, як у берилію при 77К [1:24]. Завдяки моделям, заснованим на зміні часових масштабів, можна експериментально вивчати явища, що тривають у проміжки часу, які у багато разів перевищують час життя не тільки окремої людини, але й усього людства.

Іншим типом матеріальних моделей є системи, що не мають фізичної тотожності з досліджуваним об'єктом і не зберігають з ним геометричної подібності. Тут відношення між моделлю й реальним об'єктом будується на основі аналогії між елементами моделі й елементами об'єкта, а також на основі аналогічності або навіть тотожності математичного апарата, що виражає закономірний зв'язок цих елементів, боків явища одне з одним. Сюди, зокрема, відноситься електромоделювання, де, наприклад,

механічні, теплові або акустичні явища вивчаються на електричних моделях, що представляють собою різного роду електричні кола, складені із джерел струму, опорів, ємностей, індуктивностей, причому ці елементи електричних схем розглядаються як аналоги відповідних елементів досліджуваних явищ. До моделей даного типу належать й кібернетичні моделі поведінки тварин, умовних рефлексів, пам'яті, моделі систем, що само організуються, тощо.

Між цими двома типами матеріальних моделей містяться моделі, у яких повністю або частково відсутня фізична тотожність із оригіналом, але зберігається геометрична подібність.

Уявлювані, або ідеальні, моделі звичайно передують матеріальним моделям: будь-який дослідник перед побудовою матеріальної моделі будує щось подібне (більш складне) у своїй голові. Ідеальний характер цих моделей полягає в тому, що всі перетворення в них, всі зв'язки між елементами здійснюються подумки, тобто у свідомості людини, що спирається при цьому на певні логічні, математичні, фізичні й інші специфічні правила й закони. Підкреслимо, що ідеальні моделі не завжди й не обов'язково втілюються в дійсність, хоча це й не виключено. Більшість таких моделей і не претендує на матеріальне втілення. Так, наприклад, Д. К. Максвелл, створюючи свою знамениту модель електромагнітного поля й зображуючи силові лінії у вигляді трубок зі змінними перерізами, по яких тече абсолютно нестислива, позбавлена інерції рідина, підкреслював, що ця рідина є уявлюваною: «Уживання терміна

«рідина» не введе нас в оману, якщо ми будемо пам'ятати, що воно означає тільки уявлювану субстанцію з наступною властивістю. Будь-яка частина рідини, що займає в якийсь момент даний об'єм, у кожний наступний момент буде займати такий же об'єм» [4:18]. Таким же уявлюваним (ідеальним) характером відрізняються й моделі атома (наприклад, модель Бора-Зомерфельда), сучасні – краплинна, оболонкова й інші моделі ядра.

Подібно до того як матеріальні моделі можуть розрізнятися за ознакою збереження або незбереження геометричної подоби й фізичної тотожності з досліджуваним реальним об'єктом, так і ідеальні моделі розрізняються за деякими ознаками. Якщо розглядати ці моделі тільки з погляду способу їхньої побудови, можна розділити всі ідеальні моделі на два типи.

Ідеальні моделі першого роду утворюються із чуттєво-наочних елементів, таких, як пружні кулі, важелі, пружини, потоки рідини, вихори, рухи тіл по різних траєкторіях тощо. При цьому передбачається, що ці чуттєво-наочні елементи побудови моделі мають якусь подібність із відповідними елементами реального явища, що моделюється. Ця подібність не обмежується подібністю просторових відносин елементів моделі й елементів об'єкта, але поширюється і на характер руху, і на їхні різноманітні властивості. Так, наприклад, у класичній теорії електромагнітного поля поширення останнього «ілюструється» у вигляді потоку рідини, де лінії струму виступають у

ролі силових ліній поля, а роль вектора Умова-Пойнтинга

$$\vec{E} \times \vec{H}$$

грає швидкість руху рідини (\vec{E} , \vec{H}) – напруженості електричного й магнітного полів в електромагнітній хвилі відповідно). У цій моделі існує подібність не тільки між системами відносин у моделі й об'єкті, але деяка часткова подібність між елементами цих систем.

Наочним характером відрізняються моделі не тільки в класичній, але й в сучасній фізиці. Наприклад, коли один електрон відштовхується від іншого, відбувається обмін фотонами: фотони випускаються однією частинкою й поглинаються іншою. Таким чином, квантова теорія, яка, як часто кажуть, покінчила з фізичними моделями, у дійсності дає більш конкретну картину електромагнітної взаємодії, ніж це робила класична теорія. Два заряджених тіла впливають один на одного не через невловиме поле, а шляхом взаємного «обстрілу» маленькими снарядами.

Наочність є істотною властивістю ідеальних моделей першого роду. Однак наочність моделі не слід розуміти занадто вузько, у тому розумінні, у якому застосовується цей термін у педагогіці (середньої школи), де під наочністю розуміється живе сприйняття учнями досліджуваних предметів і явищ або їх уявлень. Наочність моделі виражається в тому, що укладена в ній система зв'язків або структура втілюється у формі почуттєвих або доступних чуттєвості елементів, що утворюють

систему, подібну до об'єкту. Таким чином, наочність моделей може виступати як у вигляді конкретних почуттєвих образів (картин), так і у вигляді будь-яких просторово-часових структур (схем, графіків або просто сукупності знаків).

Аналізуючи наочний характер моделей першого роду, легко помітити, що ця наочність проявляється у двох аспектах: по-перше, наочні самі моделі, які складаються з елементів, які почуттєво спостерігаються, наочно представляються (кульки, важелі, трубки, вихри й т.д.), по-друге, ці елементи подібні (аналогічні) відповідним елементам досліджуваних явищ. Наочність, яка властива моделям цього роду, часто знаходить своє вираження в тому, що ці моделі зовні фіксуються у вигляді малюнка, креслення, схеми.

Ідеальні моделі другого роду являють собою знакові системи, тому що їхніми елементами є спеціальні знаки. Крім того, принципи впорядкування знаків також виражаються за допомогою знаків. Особливістю цих моделей є повна й принципова відсутність подібності між елементами такої знакової моделі й відповідних елементів об'єкта, оскільки поняття знаку виключає подібність між ним і тим предметом або явищем, що він позначає. Із цієї причини моделі другого роду не мають тієї наочності, яку мають моделі першого роду, тобто наочністю в смислі просторової подібності, фізичної аналогії або взагалі якоїсь подібності елементів моделі з елементами об'єкта. Але це не означає, що знакові моделі позбавлені всякої наочності. У них зберігається наочність у тому

розумінні, в якому той або інший знак доступний почуттєвому сприйняттю дослідника і, тобто, є наочним у якості знаку. Існують, наприклад, деяка кількість знаків, що позначають лінійність якогось процесу або явища. Для досвідченого дослідника поняття лінійності є наочним; нитки аналогії в цьому випадку тягнуться до таких процесів, як гармонійне коливання, пружна деформація, електроліз і безліч інших відомих явищ, почуттєве сприйняття яких уже оформлено як образ у свідомості дослідника. Тому лінійний процес невідомої природи в цьому сенсі наочний уже завдяки своїй лінійності.

Та обставина, що знакові моделі мають наочність тільки у вищевказаному змісті, не можна розуміти так, що вони взагалі не мають ніякого відношення до дійсності. Навпроти, будучи моделями, вони відтворюють цю дійсність, однак засобом відтворення є символи. Відбиття знаковими моделями дійсності забезпечується встановленням однозначної відповідності кожного елемента моделі, зафіксованого у вигляді знака, що відповідає елементу або відношенню, які належать об'єкту, і подібністю або тотожністю законів зв'язку елементів моделі й об'єкта.

Застосування знакових моделей особливо важливо в тих галузях науки, які мають справу з вивченням гранично загальних зв'язків, відносин, структур. Метод моделей у математиці та логіці дозволив більш глибоко представити структуру логічних зв'язків досить складних висловлень, мовна форма яких цей зв'язок затемнювала.

Можна зрівняти впровадження методу моделей у математику й логіку, ініційоване роботами Буля, з винаходом географічної карти або відкриттям структурних формул у хімії. І географічна карта, і структурна формула також є моделями, що застосовуються у відповідних науках.

Описані вище два типи ідеальних моделей утворюють два крайні, граничних випадки. Існує безліч моделей, у яких сполучаються риси моделей першого й другого роду. Такі, наприклад, моделі молекул у хімії. У них сполучаються знакові елементи (хімічний символ, що позначає тип атомів, і валентний штрих, що позначає хімічний зв'язок між атомами) із просторовим образом, що розглядається як геометрична подoba просторової структури реальної молекули, наприклад модель бензолу у вигляді шестикутника, метану у формі тетраедра тощо.

Таким чином, наведений вище поділ моделей на різні типи спирається на різний характер відношення моделі до об'єкта, тобто на різні способи відтворення моделлю дійсності.

Не менш важливим є поділ моделей на основі аналізу їхнього змісту. Однак такий поділ зливається з характеристикою ролі моделей у конкретних науках. Ідучи цим шляхом, можна, зокрема, виявити, що моделювання динамічних процесів допускає один клас моделей – типу класичних механічних, гідродинамічних, електричних, незалежно від того, чи є вони матеріальними або ідеальними. Інший клас моделей пов'язаний з відтворенням процесів статистичного характеру, у яких випадкові події

відіграють істотну роль. У цьому випадку створюють статистичні моделі (наприклад, у кінетичній теорії газів), що дозволяє застосувати математичний апарат теорії ймовірностей.

Нарешті, у мікросвіті, що має справу із квантовими переходами, фундаментальною невизначеністю координат і швидкостей, корпускулярно-хвильовим «дуалізмом» своїх об'єктів, не можна побудувати модель, що єдиним способом і засобами, узятими з області макроскопічних процесів, відтворювала б цілком однозначно той чи інший процес. Необхідність побудови декількох взаємодоповнюючих моделей, з яких одні перекривають, а інші навіть виключають одна одну, є особливістю застосування моделей у цій області.

Підкреслимо нарешті, що найістотнішою властивістю моделі, що дозволяє їй виконати свою функцію, своє призначення - бути відображенням дійсності, є аналогія. Моделі у всіх випадках виступають як аналогії. Це означає, що модель і відображуваний об'єкт перебувають у відношенні подібності, а не тотожності. Більше того, існування певних розходжень між моделлю й оригіналом є неодмінною умовою, у протилежному випадку модель перестав бути моделлю.

Обґрунтуванням існування аналогії, як математичної, так фізичної й будь-якої іншої, є єдність просторово-часових форм руху, законів і інших загальних атрибутів дійсності. Як приклад можна привести разючу аналогічність диференціальних рівнянь, що відносяться до різних по своїй природі явищ.

Аналогії можуть виражати різний ступінь і різний характер подібності, що перебуває в діапазоні від ізоморфізму до гомоморфізму (але не менш!). Математичні й логічні моделі в тій мірі, у якій вони є інтерпретацією аксіоматичних теорій, мають строгий ізоморфізм, тому що тут всім елементам і всім відносинам однієї області взаємно однозначно відповідають всі елементи й відносини іншої області.

Що стосується ізоморфізму між моделлю й оригіналом, то тут передбачається істотне абстрагування, завдяки якому в моделі як елементи бувають включені такі абстракції, як «точки», «прямі», «площини», і такі відносини, як відносини порядку, конгруентності, колінеарності й безперервності (в аксіоматиці Евкліда або Лобачевського, наприклад). І навіть за умови здійсненого процесу абстрагування (тобто однозначного відображення елементів оригіналу на простір абстракцій) у переважній більшості випадків моделі є гомоморфними образами дійсності: зустрічного гомоморфізму немає, тобто немає ізоморфізму. Це зрозуміло, тому що переважна більшість моделей є спрощеннями дійсності. Такими є й моделі, що використовуються у фізиці, хімії, біології стосовно відповідної предметної області. Ці моделі є гомоморфними образами відповідних явищ, тому що отримані в результаті свідомого спрощення останніх, неминучого й необхідного, коли дослідник має справу з вивченням таких складних систем, як атом, молекула, білок, клітка, організм тощо. Але це не виключає того, що яка-небудь фізична модель, будучи гомоморфним образом

реального об'єкта, перебуває у відношенні ізоморфізму до математичної моделі цього явища. Так, ідеальний маятник, будучи фізичною моделлю твердих тіл, що хитаються, перебуває у відношенні ізоморфізму, по-перше, до кривій, що описує його рух у системі координат, тому що безліч точок у просторі, які проходить маятник, ізоморфна безлічі точок на цій кривій, і, по-друге, до математичної моделі – диференціальному рівнянню відомого виду. Іншим прикладом моделі як гомоморфного образу дійсності є хімічна структурна формула (наприклад, бензолу).

Таким чином, за характером відображення дійсності всі моделі можна розділити на кілька типів, з яких більш наочними є «матеріальні» моделі, а з «ідеальних» моделей більшою наочністю наділені «почуттєві» моделі в порівнянні зі «знаковими». Поняття наочності еволюціонує як з часом, так і зі зміною інтелекту дослідника. Прикладом тому є класичні наочні моделі у фізиці мікросвіту, які вважалися раніше позбавленими наочності. Поза залежністю від типу моделі за характером відображення нею реальної дійсності моделювання завжди являє собою гомоморфне відображення оригіналу в простір аналогів.

Адекватний вибір різних типів моделей як засобу відображення реальної дійсності в процесі викладання може служити інструментом підвищення ефективності навчального процесу.

ЛІТЕРАТУРА

•Босин М.Е., Лаврентьев Ф.Ф., Никифорова В.Н. Устойчивость структурного состояния монокристаллов цинка. Тезисы докл. XLII Междунар. конф. – Актуальные проблемы прочности. –Калуга, 2004.–С.24.

•Сухомлинский В.А. об умственном воспитании / Сост. М.И. Мухин. – К: Рад. школа, 1983.

•Гейзенберг В. Философские проблемы атомной физики. – М.: Изд. Ин. Лит., 1953.

•Максвелл Д.К. Избр. соч. по теории электромагнитного поля. – М.: Физматиздат, 1954. – С. 18.

•G. Frey. Symbolische und ikonische Modelle. "Synthese". – 1960. – Vol. XII. – № 2/3. – P. 213.

•Philosophy of Science, 1945, vol.12. – №4. – P.318.

Подано до редакції 16.06.08

РЕЗЮМЕ

Статья посвящена проблеме использования моделей как средства отображения реальной действительности в преподавании и науке. Рассмотрено познавательное значение моделей. Показано отличие между научными и учебными моделями. Приводится классификация по характеру отображения моделью оригинала. Показано, что вне зависимости от типа модели она всегда является гомоморфным образом оригинала.

SUMMARY

This article is devoted to the problem of using models as a means of displaying reality in teaching and science. It substantiates cognitive value of models; demonstrates the difference between scientific and training models;

presents classification due to the character of display by the model of the original. It is shown, that without dependence on the type of model it is always a homomorphic image of the original.