МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

Підгорний О. В.

СУЧАСНЕ ПРИРОДОЗНАВСТВО:
у пошуках цілісного образу світу

Навчально-методичний посібник

Умань
Видавець «Сочінський М. М.»
2023

УДК 502.2(075.8)
П32

Рецензенти:

Атаманчук П. С., доктор педагогічних наук, професор, академік АНВО України, професор кафедри фізики та методики її навчання Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка;

Коробова І. В., доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри фізики та методики її навчання Херсонського державного університету;

Краснобокий Ю. М., кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри фізики та інтегративних технологій навчання природничих дисциплін Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини

Затверджено і рекомендовано до друку вченою радою факультету фізики, математики та інформатики Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини (протокол №12 від 29 червня 2023 р.)

Підгорний О. В.

П32 Сучасне природознавство: у пошуках цілісного образу світу : навч.-метод. посіб. / Підгорний О. В. ; МОН України, Уманський держ. пед. ун-т імені Павла Тичини. – Умань : Видавець «Сочінський М. М.», 2023. – 198 с.

ISBN 978-966-304

Посібник відповідає навчальній програмі курсу «Сучасна природничо-наукова картина світу». Його специфічною метою є ознайомлення майбутніх учителів природничих спеціальностей (дисциплін) з природничо-науковою картиною світу, як найзагальнішою системою теоретичних знань про відносини Людини і Природи та основою наукового світогляду сучасної людини.

В посібнику послідовно реалізована ідея творення понятійно-знаннєвої основи цілісних уявлень про відносини людини і природи на основі системи смислових установок (парадигм), як вихідних, при подальшому формуванні змісту фундаментальної та фахової підготовки майбутніх учителів природничих спеціальностей та їх соціалізації в умовах творення суспільства сталого розвитку.

Рекомендується для студентів природничих спеціальностей закладів вищої освіти, – майбутніх учителів природничих наук, фізики, біології і хімії, методистів і учителів закладів загальної середньої освіти, слухачів курсів підвищення кваліфікації учителів відповідних напрямків підготовки, а також всіх тих, хто цікавиться питаннями відносин природи, людини і суспільства.

УДК 502.2(075.8)

ISBN 978-966-304-509-2

© Підгорний О. В., 2023

ЗМІСТ

ЗАМІСТЬ ПЕРЕДМОВИ. Система смислових установок (парадигм) як понятійно-знаннєва основа цілісних уявлень про відносини людини і природи. 4

РОЗДІЛ 1. СВІТ У ЛЮДСЬКОМУ ВИМІРІ 15

1.1. Природа. Людина як об'єкт і суб'єкт природи 15

1.2. Природа як цілісне утворення. Людина і довкілля. Земля і Космос. Природознавство – фундаментальна наука. 25

1.3. Жива і нежива природа – взаємозв'язок і взаємозалежність. 42

1.4. Теоретичні і експериментальні методи пізнання світу. Раціональне і ірраціональне 64

РОЗДІЛ 2. ПРИРОДНИЧО-НАУКОВА КАРТИНА СВІТУ ЯК СИСТЕМА ЗНАНЬ У РОЗВИТКУ 82

2.1. Речовина. Поле. Вакуум 82

2.1. Рух і взаємодія. Поняття руху, взаємозв'язку і взаємодії. Фізична, хімічна і біологічна форми руху матерії. 86

2.3. Інерція і інертність, гравітація… 116

2.4. Простір і час 121

2.5. Енергія і ентропія 133

2.6. Всесвіт у розвитку 138

2.7. Основні принципи сучасного цілісного наукового світогляду 149

РОЗДІЛ 3. НАУКОВЕ ПРИРОДОЗНАВСТВО В КОНТЕКСТІ ЗНАЧЕНЬ ТА СМИСЛІВ СУЧАСНОЇ ЛЮДИНИ 156

3.1. Характерні ознаки сучасного природознавства 156

3.2. Інтеграція як провідна тенденція сучасного природознавства 163

3.3. Соціалізація природничо-наукового знання 168

3.3.1. Природничо-наукова картина світу і сучасність. 168

3.3.2. Розвиток наукового знання як синергетичний процес 171

3.3.3. Синергетика та соціальний розвиток 173

3.3.4. Синергетика та сучасне бачення світу 173

3.3.5. Природознавство як наукова база сучасної техніки і технологій 176

3.4. Місце і роль природознавства в концепції сталого розвитку людства ... 187

ЗАМІСТЬ ПІСЛЯМОВИ. Проблема творення новітньої (синергетичної) картини світу 191

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 196

ЗАМІСТЬ ПЕРЕДМОВИ. Система смислових установок (парадигм) як понятійно-знаннєва основа цілісних уявлень про відносини людини і природи *

Образ світу – це картина світу,
наповнена значеннями і смислами.
(О.М. Леонтьєв)

У процесі розвитку науки відбувається постійне оновлення знань, ідей і концепцій, більш ранні уявлення стають частинними випадками нових теорій. НКС – не догма і не абсолютна істина. Наукові уявлення про навколишній світ ґрунтуються на всій сукупності доведених фактів і встановлених причинно-наслідкових зв'язках, що дозволяє з певним ступенем упевненості робити прогноз про ще невідомі властивості оточуючого світу.

Пізнання такого світу триває. Трактування понять, що використовуються для позначення уявлень людини про навколишню дійсність, про саму себе та про інших людей постійно змінюються. Тому формування термінологічного апарату в галузі природничих знань є особливо важливим не лише в науковому сенсі, але й в контексті природничої освіти. Це сповна стосується й таких понять як «світогляд», «картина світу», «образ світу» тощо. Ці та рядоположні з ними поняття мають різнорівневі семантичні наповнення, розуміння яких ускладнюється ще й практикою їх змішування в науковому просторі. Проте демаркація понять, які складають основу сучасного тлумачення картини/образу світу, є необхідним при побудові будь-якої (цілісної чи фрагментарної) системи уявлень людини про світ, інших людей, про себе та свою діяльність.

У пропонованому навчальному посібнику робиться спроба синтезувати та більш-менш чітко означити зміст понять, які є концептуальними щодо уявлень про природознавство як цілісну систему знань у розвитку.

* Написано у співавторстві з доктором педагогічних наук, професором, дійсним членом (академіком) НАПН України Мартинюком Михайлом Тадейовичем.

В якості багаторівневої системи домінантних (визначальних) понять в контексті побудови сучасної природничо-наукової картини світу та адекватного їй образу світу належать:

а) методологічні поняття;

- ***Природа*** – це все, що реально існує незалежно від людини у його нескінченній різноманітності речей (утворень) та подій (змін), які називають природними тілами та природними явищами, відповідно.
- ***Людина*** – це особлива частина (складова) природи, яка у процесі своєї життєдіяльності набула здатності пізнавати світ, тобто сприймати, осмислювати і пояснювати «усе що існує» в природі, у тому числі й саму себе та своє місце і роль у ній, завдяки своїм відчуттям, мисленню та розуму. Це означає, що світ є «потенційно» пізнаваним (людиною). Функціонування органів чуття та розумової діяльності людини мають природну основу.
- ***Суспільство.*** В процесі історичного досвіду (розвитку) життєдіяльності людей, спрямованої на відтворення умов для існування та задоволення життєвих потреб окремих людей (груп людей) утворилася особлива реальність, – середовище взаємних стосунків людей. Цю реальність називають «суспільством» або «соціумом». Суспільство функціонує на основі об'єктивних соціальних законів, які воно породжує (творить). Людина, як окрема особистість осмислює себе частиною суспільства як реального середовища в якому вона існує.
- ***Свідомість*** – здатність людини пізнавати своє оточення і саму себе за допомогою мислення та розуму, внаслідок чого формується інтелект особистості. Можливість пізнавати світ – це якість (здатність) людини як соціальної істоти. Однією із форм суспільної свідомості є наука. Критеріями науки і наукового пізнання є: об’єктивність, доказовість, обґрунтованість і достовірність, а також можливість перевірки результатів дослідним шляхом (верифікованість знання) та потенційна можливість спростування (фальсифікованість знання).

➢ ***Світ.*** В процесі реалізації свідомого ставлення до речей і подій в природі, а також до людей і до самої себе, у людини та в суспільстві формується певне бачення «всього того, що існує». Суть «всього того, що існує» у його сприйнятті (осягненні) розумом, людина означає словом «світ». Отже, світ – це реальність, яка осягається розумом людини. Залежно від того, що саме (безпосередньо) осягається розумом та функціонує в свідомості людини, розрізняють й відповідні світи. Наприклад: реальний світ – це сукупність природи, людини і суспільства у їх цілісності та взаємодії; матеріальний світ (світ речовинний, тілесний); світ ідей (духовний світ); неорганічний світ (нежива природа), органічний світ (жива природа); тваринний і/або рослинний світи (тварини і/або рослини); мікро-, макро-, мегасвіти; техносвіт (світ техніки та виробничих технологій) і таке інше.

➢ ***Світогляд*** – це найзагальніша форма самосвідомості людини і суспільства. В світогляді поєднуються в єдину систему (цілісно) принципи, знання, ідеали, цінності, надії, вірування, погляди на сенс і мету життя, які визначають діяльність індивіда або соціальної групи та органічно включаються у їх вчинки та норми поведінки (вікіпедія).

Світогляд, як форма самосвідомості окремої людини, – це завжди органічне поєднання колективної свідомості суспільства у певний відтінок часу та суб'єктивних якостей особистості самої людини.

➢ ***Картина світу*** – це система знань, уявлень і образів дійсності, яка є основою світогляду. Картина світу створюється і еволюціонує в процесі діяльності людини, окремих груп людей та усієї спільноти людей (суспільства) в цілому різниться залежно від епохи та соціальної групи, якою вона породжена.

➢ ***Образ світу*** – це картина світу, наповнена значеннями і смислами. В образі світу втілена ідея цілісності і наступності у зародженні, розвитку і функціонування пізнавальної сфери особистості.

➢ ***Внутрішня картина світу*** – одне із центральних психологічних понять, яке вказує на особливості функціонування «образу світу» на рівні реального психічного життя окремої людини (зокрема, в якості взаємозв'язку свідомого і несвідомого).

➢ ***Ментальність*** – це чуттєво-мисленнєвий інструментарій освоєння довкілля, тому вона є природним баченням світу, достеменно не прорефлексованим і логічно не обґрунтованим. У культурноісторичному вимірі суспільного буття ментальність постає як спільне психологічне оснащення представників певної культури, що дає змогу хаотичний потік різноманітних вражень інтегрувати свідомістю у певне світобачення. Підґрунтям ментальності є образ світу, який закладено культурою у свідомість людей окремого суспільства і перетворюється ними спонтанно, здебільшого поза контролем їхньої «буденної свідомості».

б) загальні природничо-наукові поняття.

➢ ***Наукова картина світу***. Знаннєво-понятійну основу наукових уявлень про світ та його будову називають науковою картиною світу. Наукову картину світу як цілісне утворення поділяють на дві функціональні складові у їх взаємозв'язку: природничо-наукову та науково-гуманітарну картини світу, – залежно від відповідних галузей сучасних знань. Сучасна наукова картина світу – це система сучасного наукового знання у розвитку. У свою чергу, наукова картина світу є засобом для отримання нових знань.

➢ ***Природничо-наукова картина світу*** – це цілісна система узагальнених теоретичних знань про природу як все те, що існує незалежно від людини (суспільства).

Становлення та розвиток наукової картини світу – процес складний і довготривалий. Він починається з найпростіших спостережень за природними та соціальними явищами, і реалізується засобами емпіричних і теоретичних узагальнень.

У процесі вивчення окремих природничих наук (та їх розділів) формуються й відповідні їм теоретичні (змістові) узагальнення, які називають фрагментарними природничими картинами світу (фізична,

хімічна, біологічна, астрономічна та інші картини світу). Кожна окрема фрагментарна природнича картина світу є найвищим рівнем теоретичних узагальнень у відповідній галузі знань.

Внаслідок інтеграції фрагментарних природничих картин світу (рис. 1) формуються уявлення про природничо-наукову картину світу як цілісне матеріальне утворення у його розвитку.

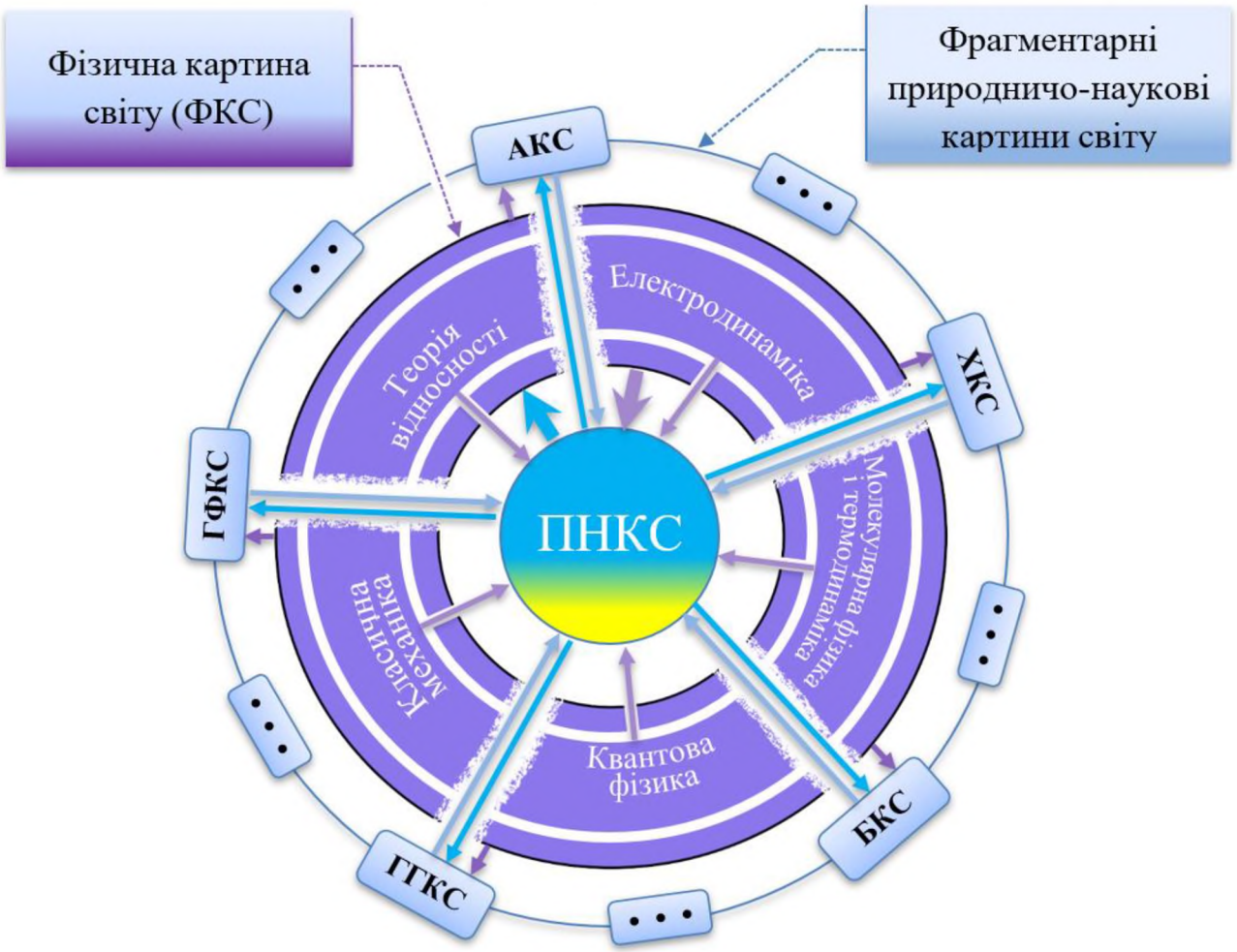


Рис. 1. Схематичне зображення найзагальніших зав'язків фрагментарних природничо-наукових картин світу та цілісної природничо-наукової картини світу *(Примітка: символи «• • •» означають інші, більш вузькопредметні природничо-наукові картини світу).*

Із загально-наукової (філософської) точки зору, ціле завжди є чимось більшим, ніж проста сума його частин. Тому весь світ – це єдине ціле, а окремі явища і об'єкти, що виділяються нами, мають сенс тільки як частини цілісного. Це означає, що будь-яку фрагментарну природничу картину світу є сенс розглядати лише як частину більш загальної цілісної природничо-наукової картини світу.

➢ ***Функції природничо-наукової картини світу***. Природничо-наукова картина світу має не лише пізнавальну та власне світоглядну функції. Вона ще й виконує організаційну функцію щодо соціалізації природничо-наукового знання в систему цінностей сучасної культури, зокрема в контексті науково-технічного прогресу, проблем забезпечення життєдіяльності людини і суспільства та, безперечно, природничої освіти молоді і дорослих.

➢ ***Рівні функціонування картини світу*** в сфері освіти. Залежно від того хто є творцем і носієм певної картини світу, виокремлюють рівні функціонування картини світу: рівень науково-теоретичного представлення, рівень освітньої (освітньо-професійної) програми, рівень навчальної програми, рівень підручника, рівень реальної освітньої діяльності. У зв'язку з цим розрізняють й відповідні рівні картини світу: від природничо-наукової картини світу, як надбання людської спільноти в цілому, – і далі у напрямку індивідуальної природничо-наукової картини світу здобувача освіти.

➢ ***Матерія як першооснова усіх речей і подій в природі.*** Вся безкінечна різноманітність речей і подій в природі (природних тіл і природних явищ – відповідно) мають спільну першооснову, яку означають терміном «*матерія*».

Матеріальна сутність будь-чого природнього є вихідним пунктом в процесі його (цього природного) осмислення і розуміння. Зокрема це проявляється і в тому, що світ природи називають *матеріальним світом*.

Матерія, як цілісна першооснова всього природного, існує у формі речовинно-польової неперервності (континууму); цю неперервність називають корпускулярно-хвильовим континуумом. Окремими проявами корпускулярно-хвильового континууму є *речовина* і *фізичне* (в сенсі природне) *поле*. Речовина і поле подільні. Проте нескінченної подільності вони не мають. Найменшими, за масштабністю, неподільними частинками «речовинного» виду матерії і природніх полів є, відповідно, «*елементарні частинки*» та «*кванти*».

Світ елементарних частинок і квантів фізичних полів – це найнижчий рівень організації (структурування) матерії. Взаємоперетворюваність і взаємодія елементарних частинок і квантів фізичних полів є способом існування (функціонування) середовища елементарних частинок і квантів їх полів. Цей світ елементарних частинок і квантів полів, проміжки між яким заповнені фізичним вакуумом, і є *корпускулярно-хвильовим континуумом* на найнижчому рівні функціонування матерії. (Примітка: фізичний вакуум – це світ віртуальних елементарних частинок). Уявлення про корпускулярно-хвильовий континуум означає, що у світі «порожнечі» немає.

- ***Рівні структурування матерії.*** Взаємодіючи між собою елементарні частинки можуть об'єднуватися у матеріальні структурні утворення більших масштабів. Механізм цієї «взаємодії» полягає у наступному: елементарна частинка створює (продукує) власне фізичне поле яке й здійснює дію на іншу (інші) найближчу(і) елементарну(і) частинку(и). Це так званий принцип близькодії. У свою чергу, фізичні поля однорідних елементарних частинок, накладаючись, створюють відповідне макроскопічне фізичне поле, яке забезпечує близькодію на відстані (принцип далекодії).

В порядку зростання масштабів створюваних матеріальних структур виокремлюють наступні рівні структурування матерії: рівень елементарних частинок і їх полів; рівень окремих атомів; рівень окремих молекул; рівень молекулярних ансамблів (макротіл), які можуть перебувати в різних агрегатних станах (плазмовий, газовий, рідинний, твердий); планетарний рівень (зокрема, це системне утворення «Земля-Місяць»); зоряні системи (Сонячна система та ін.); галактика (Чумацький шлях і ін.) і світ галактик в цілому.

- ***Всесвіт.*** Цілісний матеріальний світ, загалом, означають терміном «Всесвіт». Термін «Всесвіт» використовують і в сенсі всієї сукупності знань про матеріальний світ. І це «закономірно», бо світ як реальність і світ як бачення людиною цієї реальності, – мають бути тотожними.

Кожне виокремлене матеріальне утворення незалежно від рівня структурної організації матерії називають природним об'єктом або *тілом*. В цьому сенсі, природу можна осмислювати як середовище матеріальних тіл.

➢ ***Форми існування матерії.*** Розрізняють три якісно різні форми існування матерії: рух, простір і час. Розглянемо їх докладніше.

➢ ***Рух і взаємодія матеріальних структур (тіл) в природі.***

Досвід пізнання природи людиною свідчить про мінливість (рух) будь-чого природного. Ця мінливість є вираженням здатності матерії бути і неперервною, і дискретною водночас. Саме через рух матеріального об'єкту ми дізнаємося про його існування. Тому рух є і способом існування матерії, і зовнішнім її проявом.

➢ ***Форми рухів.*** Виокремлюють якісно різні за складністю *форми* рухів в природі: механічний, фізичний, хімічний і біологічний. А коли мова йде ще й про людину і суспільство як складові реального світу, то їх мінливість означають терміном – «соціальний рух» (за К. Марксом). В сучасній науці є пропозиції щодо специфічної сутності геологічних та планетарних змін (рухів). Проте виокремлення цих рухів як типових є гіпотетичним, а отже таким, що потребує належного обґрунтування.

Суть найпростішого *механічного руху* полягає в просторовому переміщенні складових будь-якого структурного утворення (природного об'єкту) та переміщення самого цього об'єкту відносно іншого (інших) об'єкту (об'єктів). В свою чергу, механічні рухи можуть відрізнятися залежно від їх природної (сутнісної, фізичної) обумовленості, тобто *взаємодії*. В такому разі говорять про різні *види* механічного руху.

Механічні зміни мають місце в усіх інших (складніших) видах руху, але не в суттєвій для того чи того руху якості (тобто тут механічний рух підпорядковується закономірностям вищих форм руху).

Наступною за складністю є *фізична форма руху*. Це: теплові, електромагнітні явища та зміни, які відбуваються всередині атома і

на рівні елементарних частинок. Ці явища та зміни обумовлені різними (за природою) чинниками. Як наслідок, розрізняють (як окремі види) теплові, електромагнітні і т. ін. явища. Як і у випадку з механічним рухом, окремі фізичні рухи входять (в порядку підпорядкованості) до ще більш складніших форм руху.

Сукупність змін, які пов'язані з об'єднанням атомів, утворенням/роз'єднанням атомно-молекулярних ансамблів мають якісно іншу, від попередніх форм руху, сутність; її означають терміном «*хімічна форма руху*». Хімічна форма руху включає механічні і фізичні рухи, але не в якості сутнісних для неї якостей.

Ще вищою за складністю є *біологічна форма руху.* Біологічний рух – це різноманітні процеси у живих організмах. Усі живі організми побудовані з тих самих хімічних речовин, які утворюють «клітини» – найменш неподільні, структурні частини живої істоти (організму). Однією найсуттєвіших ознак живого є також його життєзабезпечення (обмін речовин та енергією, живлення, дихання, виділення, ріст і розвиток, рух). Клітинна будова та життєзабезпечення – сутнісні якості біологічного руху, які відрізняють цю форму руху від інших форм руху матерії. Біологічний рух не може існувати не включаючи у своє функціонування більш простіші (вищеозначені) форми руху матерії.

➢ ***Простір і час.*** Простір – це протяжність речовинно-польового континууму та будь-якого його структурного утворення, як виокремленого об'єкту, співіснування такого об'єкту з іншими об'єктами природи, його (цього об'єкту) приналежність до усього природного в цілому.



Час – це тривалість, послідовність існування та зміна стану речей і подій в природі. В сучасному науково-теоретичному

потрактуванні простір і час, у їх окремих якостях та в своєму поєднанні, є невід'ємними, сутнісними якостями матерії.

Рух, простір та час у їх поєднані слід розглядати в координатах виміру «*природа – людина – бачення світу*» (рис. 2).



Рис. 2. Рух, простір і час як якості матеріального світу і як наукові поняття: *1 – природа як реальність; 2 – якості (прояви) матеріального світу; 3 – як загально-наукові поняття.*

➢ ***Хаос і порядок в природі.*** Хаос і порядок є важливими концепціями в науці, особливо в природничих науках. Хаос в природі описується як непередбачуване та випадкове у природніх явищах, тоді як порядок – це закономірність та структурованість у природі.

Хаос в природі спостерігається у процесах, які є дуже чутливими до початкових умов, таких як метеоявища, коливання популяції тварин та рослин, гідродинамічні явища тощо. Ці процеси зазвичай складні та непередбачувані, і хоча можуть виявляти закономірності, їх складно передбачити, оскільки навіть малі зміни у початкових умовах можуть привести до значних відхилень у результатах.



З іншого боку, порядок в природі спостерігається у явищах, які відбуваються відповідно до певних законів та правил. Наприклад, закони Ньютона описують рух тіл у просторі, а закони термодинаміки описують теплові явища. Природа також відображає порядок у формах та структурах, які ми спостерігаємо, таких як кристали,

геометричні фігури та симетрії. Концепція «хаос-порядок» є особливо важливою в сучасній космології.

Хоча хаос і порядок можуть здаватися протилежними концепціями, в природі вони часто пов'язані один з одним. Наприклад, складні системи, такі як кліматична система, можуть відображати як порядок, так і хаос, залежно від масштабу спостереження та точності моделювання. У той же час, порядок у великих масштабах може породжувати хаос у менших масштабах, наприклад, у зв'язку зі зміною природних умов. В природі спостерігаються і зворотні процеси; характерною в цьому плані є теорія «Великого вибуху» та ін.

Цілком очевидно, що множини смислових значень окреслених вище понять суттєво перекривають одна одну, а обсяг такого «перекриття» є динамічним залежно від конкретного «об'єкту/суб'єкту» пізнання. В цілому ж, чітке осмислення та послідовна демаркація змістового наповнення кожного із означених вище понять як базових є неминучим і таким, що визначає можливості правильного тлумачення людиною природи, самої себе та інших людей.



РОЗДІЛ 1. СВІТ У ЛЮДСЬКОМУ ВИМІРІ

1.1. Природа. Людина як об'єкт і суб'єкт природи

Природознавство – це знання, яке накопичене науками про природу. Зміст поняття «природознавство» визначається сумою знань, що акумулюються поняттями «природа» і «наука». Важливо розрізняти філософський і природничо-науковий аспекти розуміння природи. Ця різниця зводиться до того, що природознавство прагне мати справу з природою як об'єктом, тобто з її більш менш вдалою конструкцією, а філософія прагне зрозуміти природу як таку. Також важливо бачити історичний характер зв'язку природознавства та науки. Природознавство давніше за науку.

Якщо природа – це об'єкт і виступає як зовнішнє по відношенню до природознавства, то внутрішній зміст природознавства складається з дисциплін звернених до окремих частин – предметів природи – об'єкта. Сукупність дисциплін природознавства розглядає суму предметів – частин природи, але чи є одержуване ними знання дійсним уявленням про природу як ціле у його розвитку? Різні етапи розвитку природознавства по-різному представляють природу. Причому відмінність цих уявлень одне від одного залежить від того, якою мірою у цьому бере участь наука. Природознавство без науки чи природознавство, малою мірою нею обтяжене, на відміну наукового природознавства і дисциплінарно, і образно дуже по-різному представляють природу.

Науковий аналіз поняття «природа»

Термін «природознавство» розкриває історію становлення знань про природу з давніх-давен до наших днів. Розуміння природи як об'єкта, до якого звернена пізнавальна діяльність людини у різні історичні епохи, було різним. «Природа» давньогрецького мислителя, «природа» римського натураліста, «природа» «натуральної магії» XVI сторіччя, «природа» фізика-теоретика XVII сторіччя і «природа» вченого- природознавця кінця XX сторіччя – це не просто різне розуміння одного й того ж об'єкта. Мова йде про різні об'єкти дослідження, існування яких зумовлене функціонуванням історично різних типів мислення. Якщо узагальнити суперечливі, не доступні

єдиній систематизації сенси розуміння природи, то можна отримати приблизно таке уявлення про сенс поняття «природа», застосовне до неї, починаючи з Нового часу:

- природа – це не однозначна, розгорнута у всіх перед очима очевидність, на яку досить було б лише вказати пальцем, а складна і заплутана ідея. Це ідея реальності, що існує поза нами і водночас доступна нашому пізнанню і впливу;
- природа протиставляється людині та її обжитому, осмисленому, домашньому світу як інше, чуже, самодостатнє буття, до якого необхідно виробити адекватне ставлення;
- природа та культура протиставляються одне одному. Це фіксується у радикальному розрізненні науки та мистецтва, природничих та гуманітарних наук. У природі людина тепер має справу з принципово дегуманізованим, трансцендентним буттям, яке підлягає безкінечному процесу пізнання;
- саме з Нового часу, у зв'язку з таким розумінням процесу пізнання, вперше постає проблема підстав об'єктивного знання, що не залежить від культурних схильностей і упередженостей думки. Формується ідея поза культурного, надособистого суб'єкта пізнання;
- виникає внутрішня неузгодженість ідеї природи із собою. Вона одночасно визначається як предмет принципово чужорідний людині (предмет пізнання) і, не менш важливо, як предмет однорідний людині (предмет практичного освоєння). Будь-якому природничо-науковому розумінню природи як цілком ідеалізованій субстанції, протиставляється гуманітарне розуміння невмістимості природи у форми людського її освоєння. Науковому пафосу пізнання і оволодіння природою протиставляється художній пафос речової самобутності природного.

Отже, можна дійти такого висновку: дослідження природи становить сенс існування природознавства. У той же час це дослідження має виходити з розуміння неможливості «прямого», «нелюдського» звернення до природи. Між нею та природознавством завжди стоятиме людина зі своєю культурою, історією та мовою. «Чисте», як і «абсолютне» знання – це ілюзія. Більше того, ставити

питання так, значить ставити його філософськи, що нехарактерно для природознавства, яке одвічно існує як механізм позитивного накопичення та практичної реалізації здобутого знання.

Невичерпність предмета природознавства

Хрестоматійне трактування поняття «об'єкт» таке: об'єкт – це частина буття, що протистоїть людині в її пізнанні або діяльності, це обставина, яка обумовлює цю діяльність, і з якої людина змушена виходити. Людині протистоїть природа, отже, вона і є об'єкт.

Об'єкт має практично невичерпний зміст. У свою чергу, предмет – це те, що конкретно визначає зміст природи як об'єкта, наприклад, сукупність фізичних закономірностей, хімічних, біологічних тощо. Відповідно, природознавство предметно представлене у вигляді різних дисциплін, що досліджують зазначені закономірності і, зрештою, через наукову парадигму, формують загальне уявлення про природу як об'єкт. Поняття «природа» може використовуватися у кількох сенсах. Наприклад, можна говорити про «природу» людини, розглядаючи її як об'єкт природознавства. У цьому випадку такі дисципліни, як фізіологія, анатомія, психологія та інші в якості предметів виділять для вивчення в цьому об'єкті ті закономірності, що їх цікавлять.

Поділ природи як єдиного об'єкта на безліч предметів обумовлене спрямованістю практичної діяльності людини, яка, у свою чергу, випливає з природних умов її існування. Людина є частиною еволюційного процесу природи, вона наділена здатністю усвідомлювати цей процес і тому їй в принципі є доступним практичне освоєння і перетворення природи. Адаптивною здатністю володіють всі види, але лише людина здійснює освоєння природи як і на теоретичному, так і на практичному рівнях, що й змінює ситуацію.

Незалежно від того, що насправді є природою, для її освоєння і перетворення людиною виявляється достатнім дроблення її на частини і послідовне вивчення окремих фрагментів. Ця ситуація якраз і виражається фразою про об'єктний і предметний розгляд природи. Насправді це означає, що, залежно від ступеня «науковості» природознавства, у природі виділяється в якості предмета певна

сукупність стійких зв'язків, яка призводить, зрештою, до формування певної дисципліни, що постає як сукупність теоретичних установок і практичних методологій, спрямованих на освоєння виділеного предмета.

Поділ природи на частини чи об'єкта на предмети є неминучістю, передусім, наукового підходу до природознавства. Предметування природи дозволяє сконцентрувати всю міць дослідницьких зусиль на одному предметі і досягти тим самим найбільшого ефекту в його вивченні. Причому ми можемо спостерігати пряму пропорційну залежність між ступенем науковості природознавства, поглибленням предметної диференціації та ступенем ефективності дослідницьких методологій. Ця тенденція чітко простежується історією розвитку природознавства: з розвитком науки виділяється більша кількість предметів, а зростаюча ефективність дослідницьких методологій стає одночасно причиною і наслідком цих процесів. Прогресуюча диференціація поширюється на природу не лише як на об'єкт, а й на самі предмети, які у свою чергу починають розглядатися як об'єкти, що підлягають подальшій диференціації. Це призводить до прогресуючого зростання кількості дисциплін у межах одного предмета. Цей «вал» диференціації неможливо зупинити, як неможливо зупинити людське прагнення до знання.

Специфіка наукового природознавства

У Новий час розпочався процес, який зробив природознавство науковим. Цей процес ґрунтувався на кількісному і якісному зростанні знання та поступовій відмові від теїстичного світогляду. Перша тенденція призвела до диференціації знання, дисциплінарного поділу науки. Друга тенденція призвела до заміщення Бога Людиною.

Теоцентричний світ став перетворюватися на антропоцентричний світ. Антропоцентризм менш догматичний, як теоцентризм. Тобто в ньому відсутня необхідність приводити в жорстку відповідність результати досліджень і ідеологічні норми і, отже, витримувати регламент єдиного знання про світ і про людину. Світоглядна цілісність світу до цього і відповідна йому цілісність

знань про світ і людину були засновані на авторитеті надприродної істоти, що стоїть над світом. Коли ця істота була «скинута», потреба у виконанні встановлених нею норм відпала. Це зовнішня причина розпаду єдиного знання.

Але визначальною внутрішньою причиною цього процесу став природний приріст дослідного знання, від якого «тріщали по швах» всі існуючі ідеологічні канони. Поступово стало нормою вважати, що істину не можна вивести умоглядно, покладаючись лише на деякі твердження, які самі повинні бути обґрунтовані.

Ідеологічні нормативи наукового природознавства стали формуватися виходячи з людських, а не божественних інтересів. Критерієм ефективності досліджень стає досягнення не недоступної людині абсолютної істини, а істини відносної, якої людина здатна досягти. Зрозуміло, що таких істин може бути стільки ж, скільки існує предметів дослідження.

Отже, цілісний образ світу «розсипається», але антропоцентрична модель відносин із природою не лише не зникає, але й стає антропоцентризмом – системою знання без цілісного образу світу, у якій значимість будь-якої структури визначається ступенем її значущості стосовно людини. Прогресуюча диференціація, зростання та ускладнення знання не дозволяють створити загальнозначущу систему знання та виробити цілісний образ світу. Замість єдиного знання та цілісного уявлення про світ виникає антропоцентризм. У ньому єдність структур знання замінюється їхньою роз'єднаністю, загальнозначимість системи знання замінюється загальнозначимістю людських потреб, адекватність відносин із природою, – симетрією цих відносин.

Поняття «образу світу» і «внутрішньої картини світу» людини

Багаточисельні зовнішні фактори, які накладаються один на одного, підсилюють або спростовують один одного, одні закарбовуються надовго, а інші забуваються, – в результаті чого в кожного індивіда створюється власний (особистий) образ світу. Образ світу в значній мірі залежить від того, де виросла людина – в селі чи в місті, в горах чи на березі моря, серед багатих і

можновладних чи серед бідних і знедолених і т. ін.. Культурне оточення також формує уявлення про образ світу. Чи зазнала людина впливу тієї чи тієї релігії? В яких конкретних умовах живе і працює людина, як співвідноситься праця і відпочинок у її повсякденному житті? Які традиції визначають її спосіб життя? Як складаються взаємовідносини (взаємостосунки) між різними шарами суспільства і поколіннями?

Коли мова йде про процес пізнання, то, щоб вказати на існування психіки людини саме як внутрішньої картини світу, її позначають як «образ світу».За цього зазначається, що треба уникати уявлень про «образ світу» як деяку наочну картинку або будь-яку копію, що оформлена на «мові» тієї чи тієї чуттєвої модальності. «Образ світу» у даному разі, як внутрішня картина світу, в принципі є «амодальним». У нього входять і позачуттєві компоненти, такі як «значення» і «особистий смил».

Важливість уявлень про амодальний характер «образу світу» полягає в тому, що в нього входять не лише ті властивості об'єктів, які виявляються індивідом у ході впливу цих об'єктів на органи чуття різної модальності, тобто формуються на основі взаємодії «об'єкт-суб'єкт», але й ті властивості об'єктів, які взагалі не можуть бути виявлені у взаємодії з тілом суб'єкта, а лише з іншими тілами (наприклад, закони, абстрактні характеристики типу «вага» і т. ін.) і для виявлення яких суб'єкт повинен організувати взаємодію двох або декількох об'єктів. Ці властивості, закономірності, так само безпосередньо входять у наш «образ світу», як і чуттєво сприйняті властивості першого типу, що можуть бути представлені в будь-якому образі. Вони входять в «образ світу», хоч, як правило, не можуть бути виявлені на основі сприйняття і не відкриваються суб'єктом у ході його індивідуальної діяльності, а є продуктом історичного процесу розвитку суспільства, фіксуючись у лексемах мови, предметах культури, нормах співжиття тощо, набуваючи за цього «ідеального» характеру. Тобто вони виступають як властивості і закономірності «другого рівня» відносно до об'єктивних, матеріальних, природних законів.

«Образ світу» людини є універсальною формою організації її знань, що визначає можливості пізнання й управління поведінкою. Але цей образ не являє собою «склад» відомостей про те, «що було» (саме це часто мається на увазі під терміном «минулий досвід»).

Уявлення про те, що зміст «образу світу», який вже існує, виступає засобом, що мобілізується у відповідь на нові стимули, нову інформацію і т ін. з метою оволодіння ними, ґрунтується на теоріях, де пізнання і діяльність у будь-яких їх проявах однобічно розглядаються як адаптивні і реактивні процеси.

Інакше кажучи, образ світу є відображенням не стільки минулого й сучасного, скільки відображенням майбутнього, тобто представляє собою систему наших очікувань, прогнозів про те, що відбудеться в найближчому або у віддаленому майбутньому в умовах нашої бездіяльності або за здійснення нами певних дій та вчинків. І ця прогностична спрямованість представляє собою найбільш глибоку невід'ємну характеристику «образу світу» і його практичне значення для людини.

Коли психіка людини визначається як «образ світу», то мається на увазі ще одна його особливість – його цілісний характер, принципова неможливість зведення до сукупності окремих образів.

Зрозуміло, наприклад, що жодний ізольований образ, тобто образ, взятий поза життєвим контекстом, не може сам по собі регулювати самостійного руху або дії. Не менш очевидною є невиправданість й іншого повсякденного уявлення про те, що образ «складається» із окремих відчуттів. Він виникає відразу як ціле, основою для кристалізації його із окремих почуттів є суб'єкт-гіпотеза, яка породжується «образом світу» в цілому. Це підкреслюють і представники відомого напряму «гештальт-психології». Вони також вважають, що основним принципом дослідження свідомості повинен бути принцип, який полягає в тому, що аналіз окремих частин не може привести до розуміння цілого, оскільки ціле визначається не сумою, а взаємодією і взаємозалежністю окремих його частин. Тому треба психіку вивчати як єдиний «образ світу», а образ предмета за цього теж слід

розглядати як ціле, що дійсно породжується «образом світу», а також внутрішньою картиною реального світу.

Крім поняття «образ світу», на звання центрального у психологічній теорії претендує і поняття «внутрішня картина світу». Чи можна їх у цьому разі вважати тотожними?

На наш погляд поняття «внутрішня картина світу» і «образ світу» необхідно розмежовувати, оскільки вони позначають різні реальності психічного життя людини. Ми вважаємо, зокрема, що вислів «внутрішня картина світу» є значно ширшим і має значення не лише для вивчення проблеми пізнання, а й стосується проблеми людської особистості.

У той же час «образ світу» дійсно стосується результатів пізнання людиною світу і швидше відноситься до світогляду або навіть лише до сфери свідомого у психіці людини. А «внутрішня картина світу» є відтворенням всієї системи функціонування людини і як живої істоти, і як одночасно своєрідного приладу, який певним чином запрограмований з самого початку свого існування, і як приймач, і як трансформатор, і як генератор ідей. За цього він у сучасної людини є більш досконалим, ніж у давнину, як більш досконалими стають комп'ютери нового покоління.

Психіка людини, по суті дійсно є внутрішньою картиною світу, мікрокосмосом відносно макрокосмосу, або особливою реальністю, яка усвідомлюється як цілісність у вигляді «образу світу», набирає таких рис під впливом людських способів дій, здійснюваних під час пізнання світу, і через використання вербальних засобів, що позначають різноманітні зв'язки, відношення між предметами і явищами світу. За рахунок цього психіка людини стає «суб'єктивною реальністю», яка в подальшому може існувати як самостійна реальність, або «внутрішня картина світу» і за необхідності може бути актуалізованою у свідомості. Окремі елементи свідомості оформляються як слово, за яким виникає образ, що будується на основі, таким чином, не зовнішнього світу, а внутрішньої картини цього світу. Особливо чітко, яскраво перед людиною постають образи подій або окремих осіб чи предметів із

внутрішнього ідеального світу на основі його усвідомлення тоді, коли людина зосереджується на своєму внутрішньому світі під час аутокомунікації, самозаглиблення, у стані повного спокою.

У «внутрішній картині світу» необхідно розрізняти свідоме і несвідоме. Саме свідоме, на наш погляд, точніше буде позначати як «образ світу», за яким, очевидно, стоїть більш значна за обсягом і узагальненням внутрішня «картина світу».

Свідоме як важлива частина психіки людини, як елемент у структурі психіки і як її соціально зумовлений зміст, у своєму формуванні завжди проходить крізь вербалізацію під час усвідомлення почуттєвої інформації. Але коли таке усвідомлення не відбувається, тоді отримані знання відносяться до підсвідомого, а свідомість зосереджується на чомусь іншому актуальному для людини. За необхідності така інформація може повернутися із підсвідомого, стати усвідомлюваною, отримати нереалізоване раніше оформлення.

Психіка людини включає, крім свідомого, ще й несвідоме. Звичайно є деякі ускладнення за його вивчення. У сучасній психології існує багато підходів у рамках різноманітних теорій, які займаються дослідженням цих проблем.

Тому в сучасній психології як галузі людинознавства, що є частиною сучасної наукової картини світу, все більше обговорюються проблеми духовної основи світу. Духовне розглядається за цього без протиставлення світському і релігійному підходам.

Визнання духовної основи світу – це є визнання того, що об'єм, форма і зміст картини світу, яку людина пізнає і усвідомлює, залежить не лише від можливостей нервової системи, а й від загальнолюдських цінностей, які людина засвоює в спілкуванні з іншими людьми. Люди в спілкуванні впливають на особистісні смисли одне одного, і навіть на розуміння ними сенсу власного життя, стихійно або цілеспрямовано пояснюючи, що саме для інших людей, а отже і окремого індивіда може мати значення в тому чи тому суспільстві. Саме на це людина звертає увагу, і тому саме це визначає зміст її образу світу, а в загальному вигляді форму і зміст

картини світу людства. Якби в житті людини мало б значення чуттєве відображення на молекулярному, а не на предметному рівні, то й її картина світу була б іншою. Тобто сучасна картина світу існує на основі визнання системності світобудови, яку саме людина, завдяки , свідомості як системи знань і цінностей, може розрізнити, охопити, виявити, а потім узагальнити, щоб передати наступним поколінням ці нові знання. Все це поглиблює знання про людину і збагачує її самосвідомість.

Слова, які ми вимовляємо, соціальні інститути, в діяльності яких ми беремо участь, штучні за походженням «ідеальні» фізичні об'єкти, якими ми користуємося, є одночасно і знаряддями, і символами. Вони організують і діяльність, і нашу картину світу, що одночасно теж взаємообумовлюють одне одного. Формуючись у діяльності попередніх минулих поколінь, людська культура накопичується як специфічно людська складова навколишнього середовища. Так пояснюється існування психосфери і ноосфери.

Інтегральна характеристика людей, що живуть у конкретній культурі, яка дозволяє описати своєрідність бачення людьми оточуючого світу, називається менталітетом етносу. Менталітет описує не лише бачення оточуючого світу, тобто картину (образ) світу, а й пояснює специфіку реагування етносу на це бачення. У свою чергу реагування на картину світу і дії у відповідності з нею виникають знову ж таки через її усвідомлення, а отже за участю самосвідомості. Самоусвідомлення з необхідністю пов'язане із спілкуванням людей у певному символічному просторі, під час якого люди експонують свою суб'єктивну картину світу, узгоджують свої дії і погляди, що і створює картину світу як соціальне явище, котре має різні форми суспільної свідомості, яку потім використовують люди спільно у своєму житті.

Отже, «внутрішня картина світу» як ідеальне повторення зовнішнього світу значно складніша за своїм змістом ніж просто «образ цього світу», тому що має відношення до духовного, яке пов'язане з тривалою історією не лише людства, а й усього життя на Землі.

1.2. Природа як цілісне утворення. Людина і довкілля. Земля і Космос. Природознавство – фундаментальна наука.

Природознавство – це сукупність наук про природу, які вивчають оточуючий світ у його природному стані. Це широка область людських знань про природу: різноманітні природні об'єкти, явища і закономірності їх існування і розвитку. Метою природознавства є пізнання законів природи і пошук шляхів їх розумного практичного застосування. Область пізнання природи природничими науками невичерпна. Природознавство досліджує нескінченну множину об'єктів – від суб'ядерного рівня (мікросвіт елементарних частинок і вакууму) структурної організації матеріального світу до галактик мега-світів і Всесвіту. Одні науки природознавства, такі як фізика, хімія астрономія та ін. досліджують неорганічну природу, а інші, наприклад, біологічні науки, вивчають живу природу. Сучасна біологія є самою розгалуженою наукою. До неї відносяться: ботаніка, зоологія, морфологія, цитологія, гістологія, анатомія і фізіологія, мікробіологія, ембріологія, екологія, генетика та ін.. Різноманіття і диференціація біологічних наук пояснюються складністю самої живої природи.

Таким чином, у процесі пізнання єдності і різноманітності всієї природи (оточуючого світу) сформувалася множина диференційованих і синтезованих природничих наук.

Природознавство являє собою одну з основних форм людського знання, а саме – про природу. Визначають три таких форм знання: власне про природу, про суспільство і людське мислення. Природознавство слугує теоретичною основою промислової і сільськогосподарської техніки і медицини. Воно є також основою діалектики і філософського матеріалізму. Діалектика природи немислима без природознавства.

Об'єктом і предметом вивчення природознавства є різні види матерії, їх властивості та взаємні перетворення.

За своїм змістом і метою вивчення природознавство може розглядатися як емпіричне і теоретичне, а за характером свого об'єкта – як неорганічне, що має своїм предметом форми руху

неживої природи, і органічне, предметом якого є явища в живій природі. Цим визначається внутрішня структура природознавства.

Будучи основою природничо-наукової або фізичної картини світу, природознавство, завдяки своїй теоретичній частині (поняття, категорії, закони, принципи, теорії тощо), а також за розробкою прийомів і методів наукового дослідження примикає до філософського матеріалізму. З кожним етапом розвитку природознавства закономірно змінювалася форма розвитку матеріалізму в залежності від природничо-наукових відкриттів.

Загалом процес розвитку природознавства – це шлях від споглядання природи (у древні часи) через аналітичне розчленування (диференціацію) (XV –XVIII ст.), коли сформувався метафізичний погляд на природу, до синтетичного відтворення картини природи в її багатогранності, цілісності і конкретності (XIX – XXI ст.).

У центрі сучасного природознавства до середини XX ст. фігурувала фізика, яка проникала в глибини мікросвіту, в глиб атома, атомного ядра й елементарних частинок та шукала способи використання атомної енергії. Крім того, фізика дала поштовх у розвитку інших галузей природознавства – астрономії, космонавтики, кібернетики, хімії, біології, біохімії та інших природничих наук. Фізика разом з хімією, математикою і кібернетикою допомагає молекулярній біології вирішувати теоретичні і експериментальні задачі штучного біосинтезу, сприяє розкриттю матеріальної сутності спадковості. Фізика також сприяє пізнанню природи хімічного зв'язку, вирішенню проблем космології і космогонії. Останнім часом у лідери висувається ціла група наук – молекулярна біологія, кібернетика, мікрохімія та супутні з ними науки.

Особливо важливими для людини є філософські висновки світоглядного характеру, які випливають з природничо-наукових досягнень: закон збереження і перетворення енергії; теорія відносності Ейнштейна; перервність і неперервність у мікросвіті; співвідношення невизначеності Гейзенберга; дуалізм властивостей матеріальних об'єктів та ін. Вони визначають лице сучасного природознавства. Проте варто підкреслити, що не лише останні

наукові дані можна вважати сучасними, але й всі ті, що входять у канву сучасної науки, оскільки наука являє собою єдине ціле, яке складається з різночасових за своїм походженням частин.

Добре відоме намагання людей знайти спільне в оточуючому їх різноманітті речей і явищ природи. Це намагання втілилося в уявленні про єдність світу. Цілісне відображення єдності світу – це результат синтезу даних природничих наук: фізики, астрономії, хімії, біології та ін..

Історично світогляд розвивався від комплексу первісних емпіричних знань, міфологічних, релігійних уявлень до філософського-теоретичного світогляду і, часто у вченнях мислителів переплiталися релігійні й раціональні компоненти пізнання. Поповнення раціональних уявлень збагачувало світогляд на якісно новому рівні, але це не знімало питання про наукове відображення дійсності та про наявність ірраціонального елементу в цьому світогляді.

Намагання до єдності різноманітного отримало одне із своїх втілень у наукових здогадках мислителів Стародавнього Сходу, античної Греції і Риму. Варто підкреслити, що ці здогадки, а потім гіпотези являли собою єдність природничо-наукового і філософського підходів до аналізу дійсності.

Ідея про Всесвіт як єдине ціле, закони функціонування якого доступні людському пізнанню і розумінню, відіграла і продовжує відігравати конструктивну роль у формуванні наукової картини світу. Дійсно, саме ця ідея наріжним каменем лежить у світоглядному і методологічному фундаменті сучасної науки.

Становлення сучасної природничо-наукової картини світу являє собою історичну, революційну або еволюційну зміну одних наукових поглядів іншими.

Історія людського пізнання – це історія виникнення, розвитку і заміни одних наукових картин світу іншими, які виникають у надрах попередніх і в процесі еволюції наближаються до об'єктивної наукової картини світу. Основними формами узагальнення фактів у системі світу, які забезпечують її еволюційний розвиток, є: пояснення

процесів і явищ, які відбуваються в природі в рамках існуючої системи (картини) світу; пояснення фактів шляхом застосування нових понять, нових способів формалізації або за допомогою введення обмежень на принципи наявних теорій.

Таким чином, еволюція розглядається як «розтягнутий» у часі, цілісний, закономірний і періодично повторюваний етап розвитку наукового пізнання, для якого характерним є стрибкоподібне (революційне) формування нової фундаментальної наукової теорії (парадигми) або наукової системи (картини) світу.

Сучасна наукова картина світу – це картина еволюційного Всесвіту. Еволюція Всесвіту включає в себе еволюцію речовини, її структури, а також еволюцію живого і людського суспільства.

Отже, Всесвіт виступає перед нами як такий, що нескінченно розгортається в просторі і з плином часу, це процес еволюції матерії. У цьому процесі виявляються взаємопов'язаними різноманітні об'єкти і явища мікро-, макро- і мегасвіту. За цього ключові етапи розвитку природознавства показують, яким чином відбувся діалог науки і суспільства в різні історичні періоди, демонструючи наступність і перспективність у вивченні природи.

«Всі люди від природи прагнуть до знань» – цією фразою Аристотель розпочав свою працю «Метафізика». Прагнення це виникає в доволі ранньому віці, і кожен може пригадати епізоди свого дитинства, юнацтва, які були пов'язані із задоволенням допитливості власними «відкриттями».

Людська особистість цілісна. Це відображено навіть у самому понятті «індивідуум», що в перекладі з латинської означає «неподільний». Зміст цього поняття з часом змінювався. У процесі антропогенезу людина поступово втрачала стійкі зв'язки з природою, які властиві тваринам. Залишаючись частиною природи і підкоряючись її законам, людина в той же час виходить за її межі, підіймаючись над нею, протистоїть їй як усвідомлюючий себе су'єкт. Проте, наявність розуму дозволяє їй зрозуміти трагізм свого становища, нерозв'язність людської ситуації. Дисгармонія людського

існування породжує потреби, які далеко виходять за межі тваринного походження:

- у зв'язках з іншими людьми;
- у самоствердженні;
- у прив'язаності, симпатії, уподобанні;
- у внутрішній цілісності;
- в основі орієнтації;
- в об'єкті поклоніння тощо.

Людині необхідні певні ідеальні об'єкти, мета, ідея, яким вона могла б цілком себе присвятити, і в цьому безкорисливому служінні реалізувати свою сутність і відзнайти повноту буття.

Поряд з такою тенденції у світовому співтоваристві поступово наростала світоглядна криза. По мірі того як наука все активніше перетворювалася безпосередньо у продуктивну силу, людина все більше і частіше почувала себе володарем природи, відносилася до неї як до засобу. Але в «азарті» погоні за таємницями атома, живої клітини, більшою потужністю, швидкістю, вантажопідйомністю техніки, тощо мимохіть випала з поля зору проста істина: за все необхідно розплачуватися. Зловісні риси кризи почали проявлятися тоді, коли інтенсивність геологічної діяльності людини стала співмірною з динамікою процесів, які відбувалися в біосфері упродовж мільйонів років. Це відобразилося й на окремій особистості: перестави усвідомлювати себе цілісним мікрокосмосом, особистість деградує, відчужується від суспільства і природи.

Світоглядною основою боротьби за екологію природи, екологію людського духу, спрямованою як на збереження біосфери, так і на гармонізацію самої людини, є «цілісність».

Цілісність загальнолюдської свідомості, цілісність сприйняття людини як складової частини єдиного універсального організму повинні стати не лише предметом осмислення кожної людини, але й світоглядною основою кожного – це те, що поєднує розум і почуття.

Ідея цілісності має стати нездоланною перешкодою на шляху сповзання до кризи, пронизуючи загальне і часткове, велике і мале, нескінченний Всесвіт і кожну точку простору.

Проблема цілісності світобудови породжує, посуті, проблему універсального знання, про яке говорив ще Сократ, а потім й Аристотель: «Знання про все має той, хто в найбільшій мірі володіє знанням загального».

Вже народжується новий тип Розуму: загальнолюдський. Країни вже не можна розглядати ізольовано. Вони об'єднані ідеологіями, наукою, технологіями, торгівлею, загальними ресурсами, атмосферою, водними просторами тощо. Загальна діяльність країн уподібнюється з діями людей: вони працюють на землі, вирощують, виробляють і переробляють продукцію, обмінюються нею, сваряться, відвідують церкву і школу, дещо допомагають одна одній, подекуди проводять спільні роботи по захисту від стихій, спільні дослідження в космосі тощо. Рухають ними біологічні потреби і вірування, а реалізують вони їх завдяки Розуму. Все це свідчить про те, що потрібно жити в гармонії з природою, не порушуючи її рівновагу. І природознавство буде забезпечувати за цього її необмежений розвиток.

Вивчаючи курс природознавства, студенти мають чітко уявляти собі дійсну єдність і цілісність природи, ту єдину основу, на якій створена незліченна різноманітність предметів і явищ оточуючого нас світу і з якого випливають основні закони, які поєднують мікро-, макро- і мегасвіти, Землю і Космос, фізичні, хімічні і біологічні явища між собою і з Життям, з Розумом.

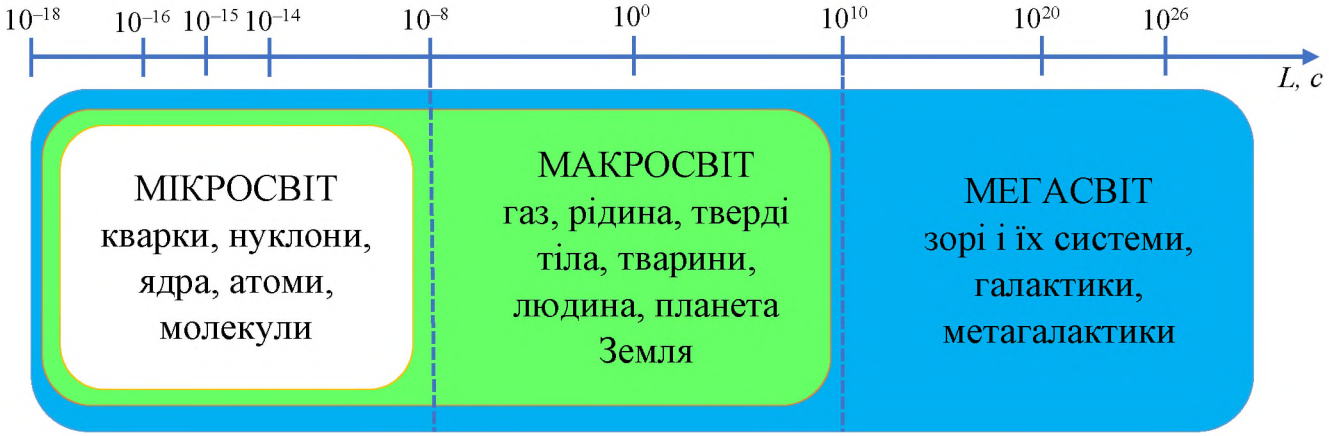
Структурна організація матерії. Найважливіша властивість матерії – її структурна та системна організація, яка виражає упорядкованість існування матерії у вигляді величезної різноманітності матеріальних об'єктів різних масштабів та рівнів, пов'язаних між собою єдиною системою ієрархії. Безпосередньо всі тіла, що спостерігаються нами, складаються з молекул, молекули – з атомів, атоми – з ядер і електронів, атомні ядра – з нуклонів, нуклони – з кварків.

З біологічної точки зору найбільша жива система – біосфера – складається з біоценозів, що містять безліч популяцій живих організмів різних видів, а популяції утворюють окремі особини, живий організм яких складається з клітин зі складною структурою, що включає ядро, мембрану та інші складові.

У сучасному природознавстві безліч матеріальних систем прийнято умовно ділити на мікросвіт, макросвіт і мегасвіт. До мікросвіту відносяться молекули, атоми та елементарні частинки. Матеріальні об'єкти, що складаються з величезної кількості атомів і молекул, утворюють макросвіт. Найбільшу систему матеріальних об'єктів становить мегасвіт – світ планет, зірок, галактик та Всесвіту.

З метою кращого осмислення Всесвіту та місця людини в ньому, використовують спосіб шкалування його об'єктів за певними їх якостями: розмірами об'єктів, часу у їх розвитку (існування), рівнями структурування, характером домінуючих процесів та законами яким вони підкоряються та ін.. Шкала – відображення множини різних проявів якісної чи кількісної властивості на прийняту за угодою впорядковану множину чисел чи іншу систему логічно пов'язаних знаків. Нижче наведено приклади таких шкал, які дають можливість оцінювати єдність та структурність навколишнього світу:

а) Шкала розмірів матеріальних систем мікро-, макро- та мегасвіту

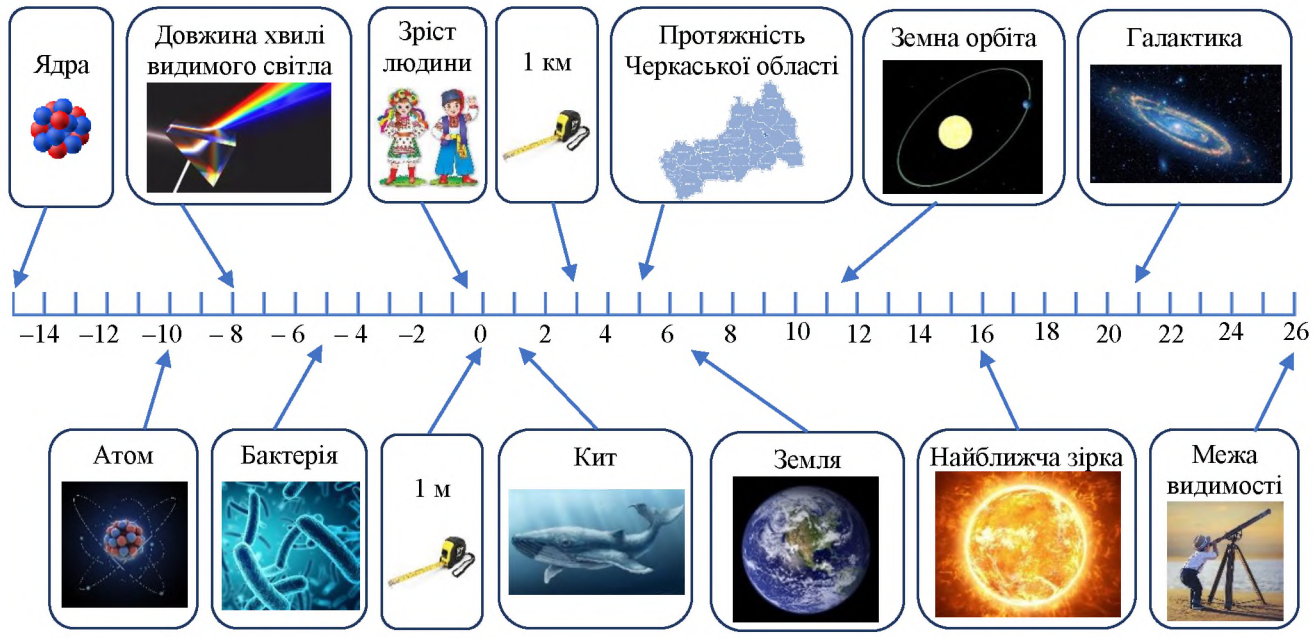


L змінюється в межах $\sim 10^{-18}$ до 10^{28};
t (час в секундах) від $\sim 10^{-24}$ до ∞.

б) Шкала розмірів і віку структурних рівнів речовини Всесвіту.

Назва	**Розміри, *м***	**Вік, *с***
Всесвіт (Метагалактика)	10^{30}	$4 \cdot 10^{17}$
Галактика (скупчення зірок)	10^{24}	$4 \cdot 10^{17}$
Зірка (Сонце)	10^{9}	$1{,}4 \cdot 10^{17}$
Планета (Земля)	10^{7}	$1{,}4 \cdot 10^{17}$
Людина	1	$2 \cdot 10^{9}$
Клітина	10^{-5}	-
Молекула	10^{-9}	-
Атом	10^{-10}	-
Елементарні частинки (протони, нейтрони)	10^{-15}	-
Кварки, лептони	10^{-18}	-

в) Порівняльна шкала розмірів у Всесвіті (по осі показник степені десять)



г) Стадії еволюції матерії у Всесвіті

Стадії еволюції	Час	Стан матерії
Квантова ера	$3 \cdot 10^{-44}$ с	Космологічна сингулярність, первинний вакуум
Інфляційна ера	10^{-35} с	Експоненціальне роздування вакуумноподібного стану. Існування єдиної взаємодії (слабкої, електромагнітної, сильної)
Ера кваркової плазми		
Розпад вакуумноподібного стану	10^{-34} с	Фазовий перехід до гарячого Всесвіту, народження баріонної матерії. Плазма усіх фундаментальних частинок і античастинок
Виникнення баріонної асиметрії	10^{-32} с	Розпад X,Y – бозонів, виникнення надлишку кварків над антикварками
Кваркова плазма	10^{-32} с – 10^{-6} с	Первинна плазма із усіх поколінь кварків, важкі кварки розпадаються, залишаються лише легкі
Кварковий синтез	10^{-6} – 10^{-5} с	Кварк-адронний фазовий перехід, створення кваркових систем – баріонів і мезонів. Вільні кварки зникають
Ера радіаційно-домінуючої плазми		
Нейтронно-протонна плазма	10^{-4} – 10^{-1} с	Нуклони у морі лептонів і фотонів, нейтрони поступово розпадаються
Первинний нукліосинтез	1 – 10^{3} с	Створення легких ядер хімічних елементів
Високотемпературна іозована плазма	10^{3} – 10^{5} років	Плазма з іонів водню (75%) і гелію (25%), електронів і фотонів
Ера речовини – ера прозорого Всесвіту		
Рекомбінація плазми	$3 \cdot 10^{5}$ – 10^{6} років	Перетворення плазми у нейтральне середовище
Атомарний Всесвіт	10^{6} – 10^{9} років	Баріонна речовина у складі атома, Всесвіт прозорий для фотонів
Зоряний Всесвіт (90% речовини зібрано у зорях)	10^{9} – $2 \cdot 10^{10}$ років	Формування галактик і зірок. Нуклеосинтез у зорях. Створення Сонячної системи

г) Етапи розвитку життя на Землі

Абсолютний вік, мільйони років тому	Ера	Період	Найважливіші події в еволюції життя; рівні розвитку живого
0 – 1	Кайнозойська	Антропогеновий	Людина
1 – 25		Неогеновий	Австралопітек
25 – 70		Палеогеновий	Мавпи
70 – 140	Мезозойська	Крейдовий	Напівмавпи; вимирання динозаврів; поява на перший план ссавців
140 – 185		Юрський	Перші птахи
185 – 225		Тріасовий	Земноводні
225 – 270	Палеозойська	Пермський	Наземні хребетні тварини
270 – 320		Кам'яновугільний (або карбоновий)	
320 – 400		Девонський	Папоротники, хвощі, предки сучасних форм риб
400 – 420		Силурійський	Масовий вихід рослин, а потім і тварин на суходіл
420 – 480		Ордовицький	Панцерні риби, перші хребетні тварини
480 – 570		Кембрійський	Членистоногі, голкошкірі, медузи
570 – 1200	Протерозойська	Синійний (Синій)	Багатоклітинні тварини (медузи, губки, черви)
1200 – 1500		Єнісейський (Єнісей)	З'являються багатоклітинні водорості
1500 – 1900		Саянський (Саян)	Початок бурхливого розвитку життя
1900 – 2700	Архейська	–	Одноклітинні водорості і бактерії
2700 – 3500	Катархейська	–	Бактероподібні одноклітинні організми; передбачувані (гадані) найпростіші доклітинні форми життя

д) Основні геологічні події, що відбувалися на земній поверхні

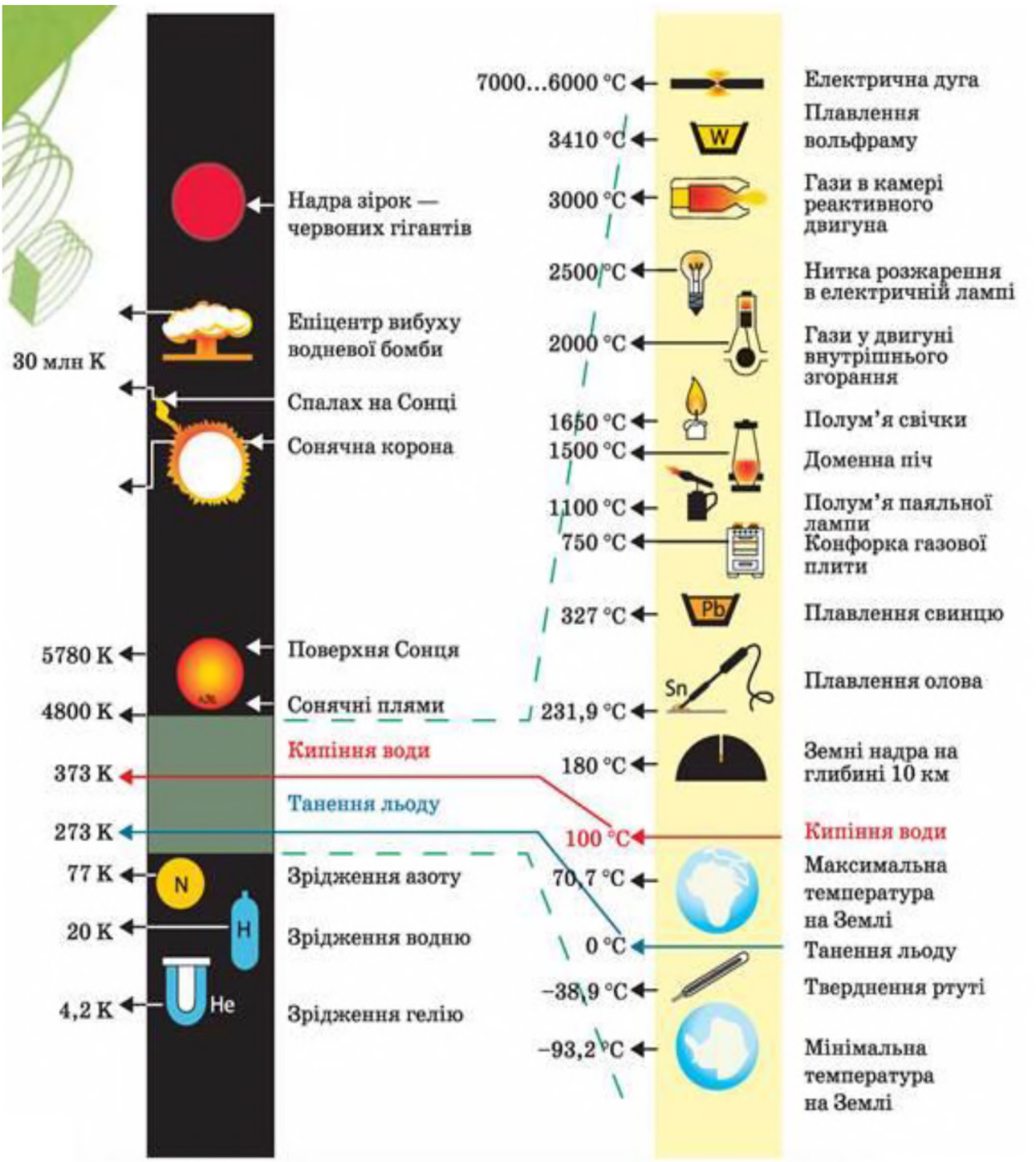
Ери, їх індекси й тривалість, *млн років*	Періоди, їх індекси й тривалість, *млн років*	Початок періоду, *млн років*	Горотвірні епохи (складчастості)	Основні геологічні події, що відбувалися на земній поверхні
1	2	3	4	5
Кайнозойська (кайнозой), KZ, приблизно 65	Четвертинний (антропоген), Q, 1,8–2,0	1,8–2,0	Альпійська	Формування сучасного рельєфу, зокрема морської берегової лінії. Загальне охолодження клімату, зледеніння. Процес утворення Карпатських і Кримських гір, формування Карпатського флішу. Поява й розвиток людини
	Неогеновий (неоген), N, 25	25		Утворення Карпатських і Кримських гір. Інтенсивна вулканічна діяльність. Відокремлення Чорного моря. Розвиток людиноподібних мавп. Початок зледеніння
	Палеогеновий (палеоген), P, 41	66		Руйнування мезозойських гір. Початок альпійської складчастості. Платформна частина України неодноразово вкривалася морем. Усередині періоду майже всю південну частину Східноєвропейської платформи вкривало море. У Карпатській і Кримській геосинкліналях також панував морський режим, інтенсивно виявлялися тектонічні рухи
Мезозойська (мезозой), MZ, приблизно 165–170	Крейдяний (крейда), K, 70	136	Мезозойська (кіммерійська)	На початку періоду в платформних областях України переважав суходіл. Згодом унаслідок опускання півдня Східноєвропейської платформи площа морів розширювалася й майже вся територія України була вкрита морем. Початок утворення Карпатських і Кримських гір. Вимирання мезозойських плазунів, розвиток птахів. Поява флори, яка дала початок сучасній рослинності. Наприкінці періоду більша частина території перетворилася на суходіл
	Юрський (юра), J, 55–60,	190–195		Клімат переважно морський. Значні території в межах Дніпровсько-Донецької та Галицько-Волинської западин, у Карпатах і Криму неодноразово вкривалися морями, у які потрапляв матеріал з Українського щита й Воронезького масиву. На Донбасі відбувалися інтенсивні гороутворювальні процеси
	Тріасовий (тріас), T, 40	230		Характерною ознакою є майже повна відсутність в Україні морських басейнів (крім західної частини). Наприкінці періоду відновилися тектонічні рухи на Донбасі

(українознавчий контент).

Продовження прикладу д)

1	2	3	4	5
Палеозойська (палеозой), PZ, приблизно 340	Пермський (перм), P, 55	285	Герцинська	На більшій частині України — суходіл. Остаточне утворення Донецької складчастої споруди. Утворення нового прогину земної кори (моря Тетіс) у Середземноморському рухомому поясі. Клімат сухий і жаркий. Несприятливі умови для розвитку органічного світу
	Кам'яновугільний (карбон), C, 65	350		Багаторазові наступи й відступи моря в результаті тектонічних рухів, суходіл — у районі Українського щита і Пракарпат. Утворення Дніпровсько-Донецької западини. Формування Донецької складчастої споруди. Клімат переважно жаркий і вологий. Розвиток рослинності: гігантських плаунів, хвощів, деревоподібних папоротей. Поява плазунів
	Девонський (девон), D, 60	410	Каледонська	Майже на всій території України відбулося опускання платформи, що супроводжувалося наступом моря на заході, півночі та сході. Формування Донецького прогину земної кори. Вихід хребетних з води на суходіл — поява земноводних. Значне поширення наземних рослин
	Силурійський (силур), S, 30	440		Суходіл на більшій частині території, море — на заході України. Поява перших гірських споруд на місці Карпат (Пракарпати). Розвиток водоростей, морських тварин, поява перших рослин на суходолі
	Ордовицький (ордовик), O, 60	500		На більшій частині території України — суходіл, у Карпатському прогині — морський басейн. Поширення морських безхребетних тварин, поява перших хребетних — панцирних риб
	Кембрійський (кембрій), C, 70	570	Байкальська	Низький пустельний суходіл майже на всій території України. У Карпатському прогині — мілководний морський басейн. Активний розвиток одноклітинних, відносно бідний світ морських безхребетних тварин
Протерозойська (протерозой), PR, близько 2000		Близько 2500		Розширення площ континентальної земної кори, її розвиток від рухливої пластичної до цупкої платформної, утворення глибинних розломів. Початок формування осадового чохла Східноєвропейської платформи. Утворення Карпатсько-Кавказького прогину земної кори в Середземноморському рухомому поясі. Пора бактерій і водоростей
Архейська (архей), AR, 1500–2000		Понад 4000		Формування давньої земної кори на більшій частині території України. Потужні тектонічні рухи, вулканічна діяльність і метаморфізм гірських порід. Утворення гір на місці Українського щита. Поява примітивних одноклітинних і деяких бактерій

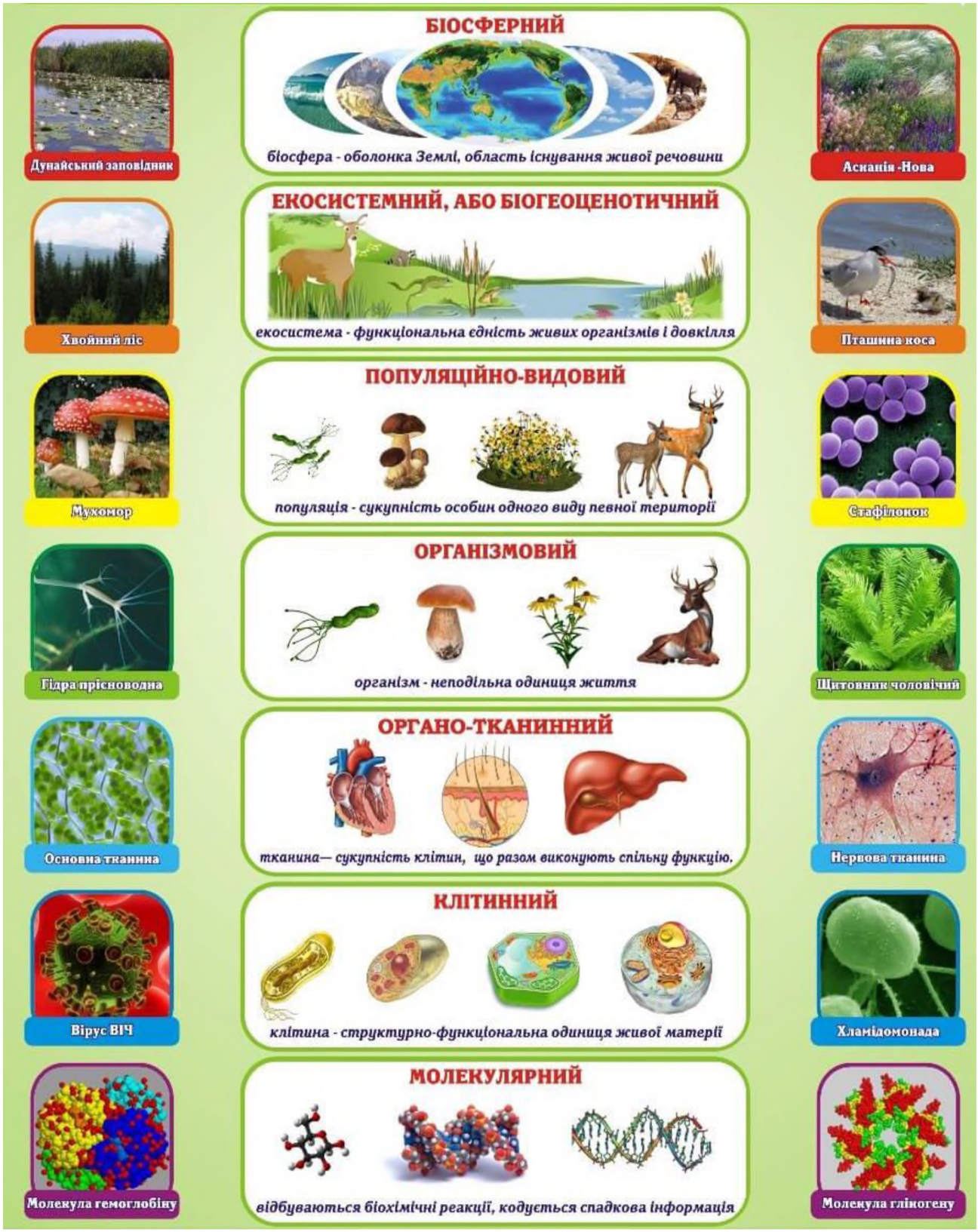
е) Логарифмічні шкали фізичних величин (наприклад, шкала температур)



є) Оцінювання структурних рівнів організації живої і неживої природи та (за аналогією) людської спільноти

№ п/п	Неорганічна природа	Жива природа	Людина і суспільство
1	Субмікроелементарний	Біологічний макромолекулярний	Індивід
2	Мікроелементарний	Клітинний	Сім'я
3	Ядерний	Мікроорганічний	Колективи
4	Атомарний	Органи і тканини	Більші соціальні групи
5	Молекулярний	Організм в цілому	Держава (громадянське суспільство)
6	Макрорівень	Популяції	Системи
7	Мегарівень (планети, зоряні системи, галактики)	Біоценоз	Людство в цілому
8	Метарівень (метагалактики, Всесвіт)	Біосфера	Ноосфера

ж) Рівні організації життя



Відношення найбільшого розміру до найменшого тіл у Всесвіті, що становить сьогодні ~ 44 порядки, зростало і зростатиме в міру накопичення природничо-наукових знань про навколишній світ. «Світ наш – лише школа, де ми вчимося пізнавати», – справедливо зауважував французький філософ М. Монтень (1533 – 1592).

Найважливіша концепція сучасного природознавства полягає у матеріальній єдності всіх систем мікро-, макро- та мегасвіту. Можна говорити про єдину матеріальну основу походження всіх матеріальних систем на різних стадіях еволюції Всесвіту.

Матеріальні об'єкти мікро-, макро- та мегасвіту відрізняються один від одного не лише своїми розмірами, а й іншими кількісними характеристиками. Так, один моль будь-якої речовини (характерна кількість речовини для макрооб'єктів, що становить, наприклад, для води 18 *г*) містить величезну кількість молекул або атомів, вона названа постійною Авогадро, яка приблизно дорівнює $6 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$. Сонце складається з колосального числа частинок: $8 \cdot 10^{56}$ ядер атомів водню та $9 \cdot 10^{55}$ ядер атомів гелію.

Властивості та особливості матеріальних об'єктів мікро-, макро- та мегасвіту описуються різними теоріями, принципами та законами. За пояснення процесів у мікросвіті використовуються принципи та теорії квантової механіки, квантової статистики тощо. Вивчення матеріальних об'єктів макросистем засноване на законах та теоріях класичної механіки Ньютона, термодинаміки та статистичної фізики, класичної електродинаміки Максвелла. Разом з тим багато понять і концепцій (енергія, імпульс та ін.), які введені в класичній фізиці для опису властивостей матеріальних об'єктів макросвіту, з успіхом використовуються для пояснення процесів у мікро- та мегасвіті. Рух планет Сонячної системи описується законом всесвітнього тяжіння та законами Кеплера. Походження та еволюція Всесвіту пояснюються на основі комплексу природничо-наукових знань, що включають фізику елементарних частинок, квантову теорію поля, теорію відносності тощо.

Матеріальні об'єкти утворюють цілісну систему лише у тому випадку, якщо енергія зв'язку між ними більша від кінетичної енергії

кожного з них. Енергія зв'язку – це та енергія, яку необхідно витратити, щоб повністю «розділити» систему на окремі її складові. Величина енергії зв'язку природних систем на різних рівнях організації матерії залежить від виду взаємодії і характеру сил, що об'єднують матеріальні об'єкти в систему. Наприклад, існування протягом мільярдів років зірок, у тому числі і Сонця, обумовлюється стійкою рівновагою між енергією взаємного гравітаційного притягання частинок, що прагне стиснути речовину зірки, та енергією їхнього теплового руху, що призводить до її розсіювання. Об'єднуючу роль в атомах і молекулах відіграє електромагнітна взаємодія.

Істотна відмінність між матеріальними об'єктами мікро- та макросвіту полягає у тотожності мікрочастинок, з яких вони складаються та, проте, в індивідуальності властивостей макросистем. Для мікрочастинок виконується принцип тотожності: стани системи частинок, які отримуються один одного, за перестановки частинок місцями, не можна розрізнити в жодному експерименті. Такі стани розглядаються як один фізичний стан. Цей квантово-механічний принцип характеризує одну з основних відмінностей між класичною та квантовою механікою. У класичній механіці можна простежити за рухом окремих частинок за їх траєкторіями і таким чином відрізнити частинки одну від іншої. У квантовій механіці тотожні частинки повністю позбавлені індивідуальності. Однак у природі немає двох абсолютно однакових макростистем – всі вони індивідуальні. Індивідуальність може проявлятися і на молекулярному рівні. Наприклад, молекули етилового спирту та диметилового ефіру мають однаковий атомний склад та молекулярну масу, але різні хімічні та фізичні властивості. Такі речовини називають хімічними ізомерами. Ізомерія виявляється і для атомних ядер. Нестабільні ядерні ізомери за однакового складу ядер мають різні періоди напіврозпаду.

Фундаментальні фізичні закони описують цілком певні об'єкти незалежно від того, де вони перебувають. Наприклад, за допомогою законів збереження енергії та імпульсу можна описати рух тіл не лише на поверхні Землі, а й взаємодію елементарних частинок, рух

планет, зірок тощо. Атоми скрізь однакові – на Землі і в космічному просторі. Все це означає, що фундаментальні закони універсальні – вони застосовні до об'єктів усього світу, які доступні для наших спостережень як за допомогою органів чуття так і за допомогою найдосконаліших і найчутливіших приладів. Універсальність фундаментальних законів підтверджується експериментальними результатами численних досліджень різних властивостей матеріальних об'єктів мікро-, макро- та мегасвіту і свідчить про матеріальну єдність природи та Всесвіту в цілому.

1.3. Жива і нежива природа – взаємозв'язок і взаємозалежність.

Взаємозв'язок взаємовплив і сумісність живої і неживої природи визначаються екологічними факторами. Екологічні фактори – це окремі елементи середовища придатного для проживання (заселеності, поселеності), які впливають на живі організми. Кожне із середовищ проживання відрізняється особливостями впливу екологічних факторів.

Екологічні фактори поділяють на біотичні і абіотичні, природні і антропогенні.

Біотичні фактори – це вплив на одні організми інших живих організмів (внутрішньовидові і міжвидові конкуренції).

Абіотичні фактори – це компоненти неживої природи, що безпосередньо або опосередковано впливають на живий організм (світло, температура, вологість, вітер, атмосферний тиск, землетруси, виверження вулканів, рух льодовиків, радіоактивне випромінювання тощо).

Антропогенні фактори – це діяльність людини, яка призводить або до прямого впливу на живі організми або до зміни середовища їх проживання (мисливство, різні промисли, вирубування лісів, забруднення води і повітря, ерозія ґрунтів та ін.).

Не дивлячись на велике різноманіття екологічних факторів у характері їх впливу на організми і в зворотних реакціях живих істот можна виявляти низку спільних закономірностей.

Живі організми знаходяться між собою і абіотичними умовами середовища проживання (перебування) в певних відношеннях, утворюючи тим самим, так звані, екологічні системи:

- біоценоз – це сукупність популяцій різних видів, що заселяють певну територію;
- біотоп – певна територія з властивими їй абіотичними факторами середовища проживання (клімат, ґрунт);
- біогеоценоз – це сукупність біоценозу і біотопу;
- екосистема (екологічна система) – це система спільно проживаючих живих організмів і умов їх існування, які зумовлюються потоком енергії і кругообігу речовин, екосистема = біогеоценоз + біотоп.

За всього різноманіття органічний світ являє собою єдине ціле. Всі види живих організмів являють собою різні форми існування живої матерії. Яким би чином не відрізнялися один від одного окремі види тварин, рослин і мікроорганізмів всім їм притаманна певна біохімічна єдність, яка виражається у спільності хімічного складу (білків, вуглеводів, жирів, ферментних і гормональних систем та ін.) і близькості типів реакцій, що лежать в основі асиміляції і дисиміляції. Наприклад, хімічна схожість нуклеїнових кислот, основних ферментів, хлорофілу рослин і гемоглобіну тварин.

Величезне видове різноманіття живих організмів забезпечує постійний біохімічний кругообіг речовин. Кожен з організмів вступають в специфічні взаємовідношення з середовищем і відіграє свою роль у трансформації речовини і енергії. Живі організми входять до того чи того біоценозу, тобто сукупності популяцій різних видів, що заселяють певну територію.

Підвищення видового різноманіття зумовлюється тим, що кожен повний компонент біоценозу відкриває нові можливості для інших. Наприклад, поява дерев дозволила проникнути в їх екосистему видам, що заселяють підсистеми дерева: на корі, під корою, будувати гнізда на гілках та в дуплах дерев тощо.

Об’єднання різнорідних індивідуумів у популяції створює переваги в боротьбі за існування і забезпечує більш активні

відношення виду із середовищем проживання, оскільки виникають більш активні складні форми групової життєдіяльності.

Харчуючись одні одними, живі організми утворюють ланцюжок живлення. Кожна ланка цього ланцюга називається трофічним рівнем. За передачі енергії в харчовому ланцюзі з одного трофічного рівня на другий більша частина енергії розсіюється у вигляді тепла (у відповідності з другим законом термодинаміки), і лише біля 10% відсотків від початкової кількості тепла передається по харчовому ланцюзі.

Таким чином біоценоз – це цілісність системи, де існування одних видів без інших неможливе, оскільки їх обміни речовин спряжені і пристосовані один до одного: одні види використовують продукти метаболізму інших видів або їх самих у якості їжі. В біоценозі на основі взаємодії видів, що його складають, виникають нові форми відносин живих істот з неживою природою.

Енергія в різних формах пов'язує всі організми Землі одні з одними і з середовищем їх проживання. Майже вся енергія, за рахунок якої існує біосфера, поступає на Землю у вигляді сонячного випромінювання. Додаткові джерела, які не суттєві для біосфери загалом, але важливі для деяких організмів, – це внутрішнє тепло Землі і притягання Місяця.

Порція сонячної енергії, яка надходить на Землю у формі світла, зв'язується «фототрофами» – організмами, які здатні перетворювати світлову енергію в енергію хімічних зв'язків складних органічних речовин. Цей процес називається «фотосинтезом» і є основою всього життя на Землі. У результаті фотосинтезу не лише створюється їжа для всіх тварин, грибів і багатьох бактерій, які використовують готові органічні речовини, але й виділяється в атмосферу кисень, що необхідний для життя більшості організмів.

Крім енергії всім організму необхідні елементи, які входять до складу неорганічних речовин, зокрема вуглець, водень, кисень, азот. Вони необхідні всім живим істотам у великих кількостях, у зв'язку з чим вони отримали назву органогенних елементів. Всім організмам

потрібні також фосфор, сірка, калій, кальцій, залізо, магній та інші елементи неорганічної природи.

Всі перераховані елементи здійснюють у біосфері кругообіг, переходячи від одних організмів до інших. Якщо будь-якого елемента організму не вистачає, то він припиняє рости і розмножуватися, не дивлячись навіть на те, що решта елементів можуть бути в наявності і в достатній кількості. Все це складає незамінні ресурси, оскільки кожен з них необхідний для життя.

Всюди на Землі можна зустріти різноманітні форми життя – від невидимих вірусів і бактерій до величезних китів гігантських дерев. Збільшення різноманіття живих організмів сприяло зростанню стійкості біосфери, її розвитку і удосконаленню, а також еволюційному розвиткові видів і збереженню енергії і ресурсів.

У буквальному перекладі термін «біосфера» означає сферу життя, саме в такому сенсі він вперше був введений в науку у 1875 р. австрійським геологом і палеонтологом Е. Зюссом. Проте ще задовго до цього під іншими назвами, зокрема: «простір життя», «картина природи», «жива оболонка Землі» та ін., його зміст розглядався багатьма іншими природодослідниками.

Спершу під всіма цими термінами малася на увазі лише сукупність живих організмів, що населяють нашу планету, хоча інколи й вказувався їх зв'язок з географічними, геологічними і космічними процесами, а також зверталася увага на залежність живої природи від сил і речовин неорганічної (неживої) природи.

Першим з біологів, який вказав на величезну роль живих організмів в утворенні земної кори, був Ж.-Б. Ламарк. Він підкреслював, що всі речовини, які знаходяться на поверхні земної кулі і утворюють її кору, тобто основу неживої природи, сформувалися завдяки діяльності живих організмів.

Зараз під біосферою розуміють сукупність всіх живих організмів разом із середовищем їх проживання, яке включає воду, нижню частину атмосфери і верхню частину земної кори, заселену мікроорганізмами.

Два головних компоненти біосфери – живі організми і середовище їх проживання – безперервно взаємодіють між собою і знаходяться в тісній органічній єдності, утворюючи цілісну динамічну систему.

Поряд з поняттям «середовище проживання (заселення, будування тощо)» часто використовується поняття «оточуюче середовище», яке є більш широким поняттям, ніж географічне тлумачення попереднього. Воно включає, крім поверхні Землі і її надр, частину Сонячної системи, яка охоплюється, або може бути охоплена сферою діяльності людини, а також створених людиною матеріальний світ.

У структурі оточуючого середовища виділяють дві найважливіші складові: природне і штучне середовище проживання.

Природна складова середовища проживання включає неживу і живу частину природи – геосферу і біосферу. Вона існує і розвивається без втручання людини, природним чином. Проте в ході еволюції людина поступово все більше освоює природне середовище проживання, надаючи окремим його сферам штучного вигляду.

У процесі природного відбору у складі біоценозу неминуче зберігаються ті види організмів, які можуть найбільш успішно розмножуватися саме в даній спільноті.

Таким чином, стійкість біосфери в цілому, її здатність еволюціонувало визначається тим, що вона представляє собою систему відносин незалежних біоценозів. Взаємозв'язок між ними до певної міри забезпечується зв'язками через посередництво неживих компонентів біосфери.

На всій земній поверхні і в глибинах Світового океану умови життя неоднорідні. В різних регіонах Землі рівень видового різноманіття різний.

В історії Землі були катастрофи, коли біологічне різноманіття, як на суходолі, так і в океані різко скорочувалося за короткі в геологічному масштабі строки. Багато видів зникало, земна кора то опускалася, то піднімалася, змінювалися рівень моря та клімат. Види гинули, не пристосувавшись до нових умов, але вони замінювалися

новими. Тому після їх загибелі відбувалося оновлення менш пристосованих форм більш пристосованими.

Біосфера Землі проявила свою стійкість і здатність до розвитку, незважаючи на серйозні зміни у вигляді Землі (наприклад, у льодовиковий період). Саме завдяки різноманіттю живих організмів, їх здатності виживати пристосовуватися до мінливих умов неживої природи, розмножуватися – біосфера Землі, хоч і змінюється, але не втрачає своєї стійкості.

Розвиток біосфери відбувається шляхом поглиблення взаємодії живих організмів і середовища. В ході еволюції поступово відбувається процес планетарної інтеграції, тобто посилення і розвиток взаємозалежності і взаємодії живого і неживого. Процес інтеграції В.І. Вернадський вважав сутнісною характеристикою біосфери. Попри всю свою історичну суперечливість, розвиток біосфери є фактором планетарного масштабу й означає прогресуюче оволодіння життям всієї планети. Існування життя на Землі корінним чином змінило вигляд нашої планети і його складові – ландшафт, клімат, температуру Землі тощо.

Органи чуття людини як інструмент пізнання і освоєння природи

Природа наділила людину комплексом біологічних сенсорів, за допомогою яких вона може сприймати механічні впливи зовнішніх оточуючих тіл, переміщуватися в просторі, сприймати звукові і світлові сигнали, електромагнітні подразнення, зміни атмосферного тиску, перепади температур тощо.

Розкриємо коротко природу та можливості біомеханічних, акустичних та біооптичних сенсорів людини.

Біомеханіка людини

Отже, біомеханіка – це рух живого. Це розділ природничих наук, що вивчає на основі моделей і методів механіки механічні властивості живих тканин, окремих органів і систем, або організму в цілому.

Біомеханічні дослідження охоплюють різні рівні організації живої матерії: біологічні макромолекули, клітини, тканини, органи,

системи органів, а також цілі організми та їх спільноти. Найчастіше об'єктом дослідження цієї науки є рух тварин і людини, а також механічні явища в тканинах, органах і системах. Під механічним рухом розуміють рух всієї біосистеми в цілому, а також рух окремих частин системи, однієї відносно іншої – деформацію системи.

Усі деформації в біосистемах, пов'язані з біологічними процесами, які відіграють вирішальну роль у рухах тварин і людини. Це скорочення м'язів, деформація сухожилля, кістки, зв'язки, фасції, рухи в суглобах. Окремим напрямком біомеханіки є біомеханіка дихального апарату, його еластичний і нееластичний опір, кінематика (тобто геометрична характеристика руху) та динаміка дихальних рухів, а також інші види діяльності дихального апарату в цілому і його частин (легень, грудної клітки); біомеханіка кровообігу вивчає пружні властивості судин і серця, гідравлічний опір судин потокові крові, поширення пружних коливань по судинній стінці, рух крові, роботу серця тощо.

Біомеханіка людини – наука комплексна, вона включає в себе найрізноманітніші знання інших наук, таких як: механіка і математика, функціональна анатомія і фізіологія, вікова анатомія і фізіологія, педагогіка і теорія фізичної культури. Біомеханіка людини – це складова частина прикладних наук, що вивчають рух людини.

Рухи частин тіла людини представляють собою переміщення в просторі і часі, які виконуються в багатьох суглобах одночасно і послідовно. Рухи в суглобах за своєю формою і характером дуже різноманітні, вони залежать від дії безлічі прикладених сил. Всі рухи закономірно об'єднані в цілісні організовані дії, якими людина керує за допомогою м'язів. Враховуючи складність рухів людини, в біомеханіці досліджують і механічну, і біологічну їх дію, причому обов'язково в тісному взаємозв'язку.

Оскільки людина виконує завжди осмислені дії, то її цікавить, як можна досягти мети, наскільки добре і легко це виходить за даних умов. Для того, щоб результат руху був кращим, і досягти його було б легше, людина свідомо враховує і використовує умови, за яких здійснюється рух. Крім того, вона вчиться більш досконало

виконувати рухи. Біомеханіка людини враховує ці її здібності, чим суттєво відрізняється від біомеханіки тварин.

Таким чином, біомеханіка людини вивчає, який спосіб і які умови виконання дій кращі і як ними оволодіти. Загальне завдання вивчення рухів полягає в оцінці ефективності докладання зусиль для досягнення поставленої мети. Всяке вивчення рухів, у кінцевому рахунку, спрямоване на те, щоб допомогти краще їх виконувати. Перш, ніж розпочати розробку кращих способів дій, необхідно оцінити вже існуючі. Звідси випливає загальна задача біомеханіки, що зводиться до оцінки ефективності способів виконання досліджуваного руху. Біомеханіка досліджує, яким чином отримана механічна енергія руху і напруги може набути практичного застосування. Робочий ефект вимірюється тим, як використовується витрачена енергія. Для цього визначають, які сили здійснюють корисну роботу, які вони за походженням, коли і де прикладені. Те ж саме повинно бути відомо про сили, які виконують шкідливу роботу, що знижує ефективність корисних сил. Таке вивчення дає можливість зробити висновки про те, як підвищити ефективність дії. При вирішенні загальної задачі біомеханіки виникають численні часткові задачі, які не лише передбачають безпосередню оцінку ефективності, але й випливають із загальної задачі і їй супутні.

Біофізика сприймання звуку людиною

Звук сприймається людиною завдяки наявності в її організмі слухової системи, яка слугує органом слуху і рівноваги. Це аналізатор зовнішнього середовища, що виконує дві важливі функції – сприймання звукових коливань, підтримання рівноваги і регулювання положення та рухів тіла в просторі. Слухова система включає в себе: вухо і провідний шлях статокінетичного аналізатора.

Рецептори органа слуху і рівноваги містяться в товщі кам'янистої частини скроневої кістки. Відповідно до виконуваної функції в органі слуху і рівноваги розрізняють:

- зовнішнє вухо,
- середнє вухо,
- внутрішнє вухо.

Зовнішнє і середнє вухо сприймають і проводять звук, а внутрішнє вухо містить звукоприймальний апарат і орган рівноваги.

До волоскових клітин спірального органа звукові коливання доходять завдяки повітряній і кістковій провідності.

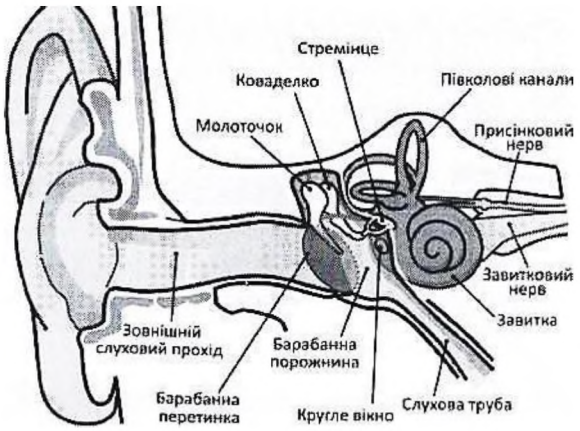


Рис. 3. Анатомія слухової системи людини

При повітряній провідності звукові коливання передаються різними утвореннями. Спричинені звуком повітряні хвилі проходять через зовнішній слуховий вхід і викликають вібрацію барабанної перетинки. Зрощена з барабанною перетинкою ручка молоточка змішує систему слухових кісточок, що призводить до коливань основи стремінця у вікні присінка. Основа стремінця тисне на перилімфу присінка, її коливання поширюються на перилімфу присінкових ходів і через отвір завитки передаються перилімфі барабанних ходів, закритих в основі завитки вторинною барабанною перетинкою. Коливання її перилімфи передаються барабанній стінці завиткової протоки, на якій розміщений спіральний орган й ендолімфи завиткової протоки. Їхні коливання спричинюють зміщення покривної перетинки спірального органа, що призводить до розтягнення та згинання з'єднаних з покривною перетинкою волосків волоскових сенсорних клітин, які трансформують механічний рух у нервовий імпульс (рис. 3).

Провідний шлях статокінетичного аналізатора відіграє велику роль в орієнтації тіла в просторі, сприймає земне тяжіння й положення голови в стані спокою та руху. Рецепторами цього аналізатора є волоскові сенсорні епітеліоцити плям мішечка, маточки й ампульних гребенів перетинчастих ампул півколових проток.

Сприймання зміни швидкості та напряму переміщення тіла у просторі відбувається за допомогою вестибулорецепторів – волоскових клітин перетинчастого лабіринту внутрішнього вуха. Цей тип рецепції реалізується за допомогою вестибулярного апарату, який

складається з переддвер'я і трьох напівкруглих каналів, розташованих у взаємноперпендикулярних площинах (рис. 4).

У порожнині переддвер'я знаходяться рецепторні клітини з волосками, що занурені в желеподібну масу, яка містить кристали карбонату кальцію – так звані отоліти. Якщо голова тварини нахиляється, напівкруглі канали набувають прискорення, тоді як ендолімфа намагається залишитися на місці через дію сили інерції. Внаслідок цього отоліти зміщуються і згинають волоски, що призводить до збудження нервових клітин, які пов'язані з рецепторними клітинами, і передачі інформації до мозку щодо положення голови або тіла у просторі.

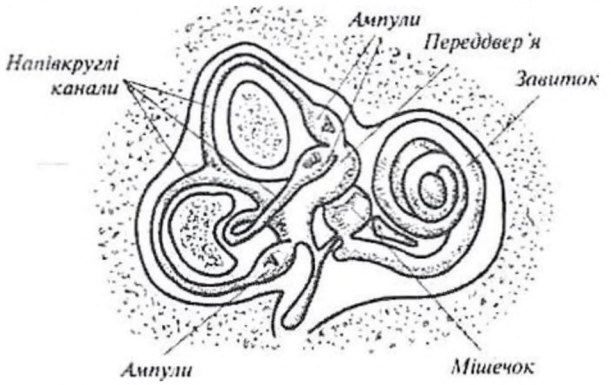


Рис. 4. Вестибулярний апарат

Елементи біологічної акустики

Розділ біофізики, що вивчає процеси утворення звуків людиною та тваринами, звукову сигналізацію та спілкування тварин (біокомунікацію) в природі, їх орієнтацію у просторі за допомогою ехолокаторів, називається біоакустикою.

Область біоакустики охоплює: вивчення ролі звуку як засобу передачі інформації в світі живих істот, вивчення всіляких існуючих у природі способів звукового зв'язку між живими істотами, механізми утворення та сприйняття звуків, а також принципи кодування і декодування переданої інформації в живих біоакустичних системах.

Біоакустика задіює зоологів, інженерів-акустиків, фізіологів, психологів, лінгвістів, математиків, інженерів-конструкторів, біоніків і низку інших фахівців.

Складність звукового спілкування тварин. Можна спостерігати перехід від «механічного» голосу, який створюється за рахунок тертя різних частин тіла, до використання в дихальних шляхах («справжній» голос) повітряного струменя. «Механічний» голос спостерігається у таких тварин, як павуки, багатоніжки, раки і краби,

комахи (вібрація крил у жуків, коливні мембрани у цикади та ін.). Звуки спостерігаються у величезної кількості риб (у 42-х сімейств); вони вловлюють звук за допомогою плавального міхура, луски, щелеп тощо.

Перший і найпростіший метод вивчення мови тварин – спостереження. Біоакустика колекціонує голоси тварин – це має велике наукове значення, оскільки багато видів птахів або комах, які майже не помітні зовні, добре відрізняються за голосами, що дозволяє виділити їх в окремі види. Фонотеки також слугують джерелом матеріалу для застосовуваних на практиці біоакустичних методів (залучення або відлякування тварин).

Один із сучасних методів біоакустики полягає у визначенні сигнального значення голосових звуків. Здійснюється це за допомогою запису і відтворення тих чи тих звуків зі спостереженням за реакцією тварин. Тому звукозаписне обладнання є одним з основних інструментів біоакустики.

Корисну інформацію про тварин можуть нести сила, висота голосу, тривалість звуків, їх тембр. Дослідниками аналіз звуку проводиться за допомогою електронних осцилографів і сонографів.

Досягнення біоакустики застосовуються як для принаджування тварин (наприклад, риби для лову або шкідливих комах для знищення), так і для відлякування (наприклад, птахів від аеродромів і полів або ведмедів від селищ). Принаджування риби на акустичну вудку, яка поширює у воді принадні звуки, дозволяє мати великі улови. У промисловому лові використовуються і відлякуючі звуки – для утримання спійманої риби в кошельковому неводі, поки він ще знаходиться у воді. Тут підбираються звуки риб, які полюють на конкретну промислову рибу. Один з таких способів – імітатор звуків, які, наприклад, генерують при харчуванні дельфіни-білобочки.

Механізм утворення звуків тваринами

Ссавці. Первинним джерелом звукових коливань у високорозвинених тварин є гортань (*larynx*) і пов'язані з нею голосові зв'язки, еластичні м'язові волокна яких можуть вібрувати. Звукові хвилі утворюються за рахунок дії коливальних структур, які у тварин

характеризуються певними розмірами і частотним діапазоном м'язових скорочень. Більшість м'язів тварин, незважаючи на їх різноманіття, не здатні коливатися з частотою, що перевищує 10^3 *Гц*. У ссавців звуки утворюються верхньою гортанню, що являє собою хрящову трубку. Повітря, яке проходить через цю трубку, примушує коливатися голосові зв'язки, розташовані у верхній частині гортані. Залежно від анатомічних особливостей голосового апарату тварини здійснюються коливання різної інтенсивності, частоти, тембру, часових інтервалів. Від цих характеристик залежать звуки, що утворюються свійськими тваринами: іржання, мукання, рохкання, мекання.

Частотний діапазон звуків та максимальна акустична чутливість до них живих організмів

Живі організми	**Частотний діапазон**	**Максимальна чутливість**
Земні тварини		
Корова	23 *Гц* – 35 *кГц*	
Кінь	55 *Гц* –33,5 кГц	2 *кГц*
Вівця	100 *Гц* – 30 кГц	10 *кГц*
Морські тварини		
Пляшконосий дельфін	250 *Гц* – 150 *кГц*	
Морська свинка	40 *Гц* – 150 *кГц*	
Зубатий кит	40 *Гц* – 325 *кГц*	
Гладенький кит	Менше, ніж 5000 *Гц*	
Птахи		
Канарейка	250 *Гц* - 8 *кГц*	
Сова	200 *Гц* - 12*кГц*	2 *кГц*
Курка	125 Гц – 2 *кГц*	
Риби		
Тріска	2 – 500 *Гц*	20 *Гц*
Срібний карась	5 –2000 *Гц*	400 *Гц*
Срібний окунь	250–300 *Гц*	1000 *Гц*

У процесі утворення звуків повітря виходить із легень і приводить у рух голосові зв'язки, в результаті чого виникають пружні коливання повітряного середовища. Голосові зв'язки містять еластичні й м'язові волокна, котрі можуть звужуватися і вібрувати. Висота звуку, що формується голосовим апаратом, залежить від напруженості голосових зв'язок, їхньої форми, довжини ділянки, де відбуваються коливання; інтенсивність звуку визначається частотою та тривалістю коливань зв'язок, що залежать від тиску повітря, яке виходить; тембр голосу забезпечується порожнинами, що знаходяться над голосовою щілиною і під нею, зокрема, порожнинами глотки, рота, носа, грудної порожнини, дихальним горлом.

За допомогою голосу і його відтінків, які визначаються висотою, інтенсивністю, тембром та інтервалами часу, тварини, птахи і комахи спілкуються з подібними до себе, подаючи сигнал про навколишню ситуацію, небезпеку, наявність корму тощо.

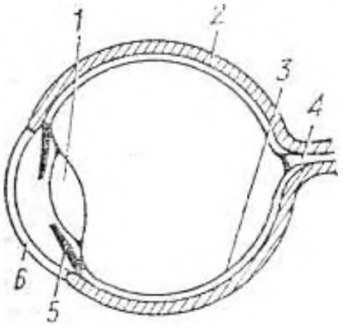
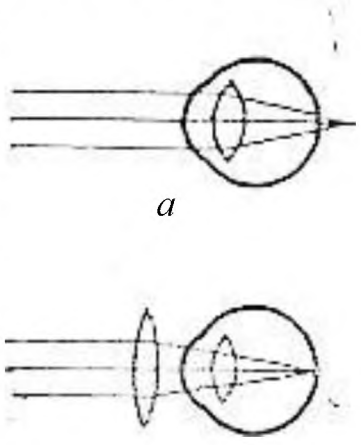


Рис. 5.

Око як оптичний прилад

Око зазвичай подібне до фотоапарата. У фотоапараті об'єктивом слугує збиральна лінза або система лінз, а в оці роль об'єктива виконує кришталик *1* (рис. 5); чутливій плівці фотоапарата відповідає чутлива до світла сітчаста оболонка *3* на задній стінці ока; так само як і на фотоплівці, на сітківці ока одержується дійсне, перевернуте і зменшене зображення; роль діафрагми відіграє отвір у райдужній оболонці *5* ока перед кришталиком, що називається зіницею ока. Зрозуміло, що око є значно складнішим оптичним «приладом», ніж фотоапарат.


а

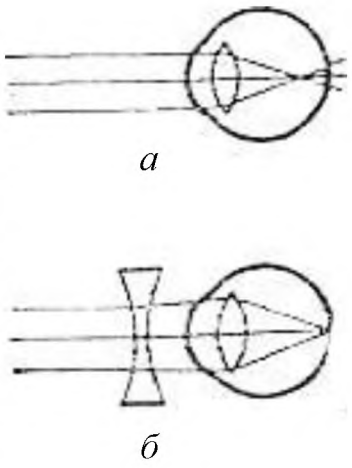
б

Рис. 6.

Кришталик ока – це прозоре хрящовидне тіло з показником заломлення 1,5. За допомогою особливих м'язів *2* кришталик може змінювати свою кривизну. Оберігає око спереду рогова оболонка *6*. Простір між роговою оболонкою і

кришталиком заповнений водянистою рідиною, а між кришталиком і сітківкою – драглистим скловидним тілом, показник заломлення яких приблизно 1,33.

Заломлююча система ока в цілому подібна до збиральної лінзи з фокусною віддаллю порядку 1,5 *см* або оптичною силою 60 ± 4 *діоптрій*. Сітківка ока, на якій утворюється зображення предметів, складається з кінцівок розгалуженого зорового нерва 4. Зіниця ока змінюється залежно від освітленості: за яскравого сонячного світла діаметр її порядку 1 *мм*, а у вечірній час порядку 8–10 *мм*. Всі ці зміни в оці настають в результаті вироблених рефлексів, поза свідомістю людини.



а

б

Рис. 7.

За байдужого спостереження далеких предметів м'язи, що керують кришталиком, розслаблені, тому кривизна поверхонь кришталика зменшується і фокус ока переміщується на сітківку. Якщо людина розглядає близькі і дрібні предмети, то м'язи ока напружуються і збільшують кривизну кришталика; за цього фокус ока зміщується ближче до кришталика, а зображення предмета лягає на сітківку. Цей процес пристосування ока до сприймання предметів на різних віддалях називається акомодацією ока. Завдяки широкій виробничій діяльності людини, що здійснюється напівзігнутими руками, виробилася відстань найкращого бачення ока. Вона дорівнює приблизно 25 *см*.

Ми розглянули так зване нормальне око. Одначе в житті є чимало людей, які мають обмежену акомодаційну здатність очей. Є такі, що чітко розрізняють деталі предмета на відстані значно більшій 25 *см*, і такі, що чітко бачать на відстані значно меншій 25 *см*. Людей у першому випадку називають далекозорими, у другому випадку – короткозорими. Ці дефекти зору людини виправляють за допомогою лінз. Для усунення далекозорості користуються окулярами із збиральних лінз, а для усунення короткозорості користуються окулярами із розсівних лінз. Як правило, для окулярів

використовуються лінзи з оптичною силою від 0,5 до кількох діоптрій. На рис. 6 *а, б* показано хід паралельного пучка променів через далекозоре око без корекції і з корекцією, а на рис. 7 *а, б* – хід променів через короткозоре око.

Далекозорість неодмінно настає з віком в результаті зменшення пружності кришталика і здатності м'язів збільшувати кривизну кришталика. Короткозорість дуже поширена серед учнів. Пояснюється це тим, що в дитячому віці око легко деформується, тому при розгляданні близьких предметів напружений кришталик «звикає» і втрачає здатність до сплющення, потрібного для зображення на сітківці віддалених предметів. Для запобігання цього дефекту зору істотне значення має правильна робоча поза учня та нормальне освітлення його робочого місця.

У розрахунках, зв'язаних з використанням окулярів, треба враховувати, що для системи з двох центрованих лінз, побудову зображення можна виконувати послідовно, причому зображення від першої лінзи приймається за об'єкт для утворення зображення другою лінзою. З цього можна зробити висновок, що оптична сила такої системи дорівнює

$$D = D_1 + D_2 - \delta D_1 D_2, \qquad (1)$$

де D_1, D_2 – відповідно оптична сила першої і другої лінз, δ – відстань між оптичними центрами тонких лінз. Для обох близьких лінз останнім членом рівності (1) можна знехтувати.

Враховуючи сказане, для ока з дефектом зору можна записати такі дві рівності:

а) для неозброєного ока

$$\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a'} = D, \qquad (2)$$

де a_1 – відстань найкращого бачення, D – оптична сила ока;

б) для озброєного ока

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{a'} = D + D_{ок}, \qquad (3)$$

де d=25 *см* – відстань найкращого бачення нормального ока, $D_{ОК}$ – оптична сила окулярів, a' – відстань від оптичного центра ока до сітківки, змінюється мало.

Віднімаючи від рівності (3) рівність (2), дістанемо:

$$\frac{1}{d}+\frac{1}{a_1}=D_{ок}. \qquad (4)$$

За рівністю (4) можна обчислити оптичну силу окулярів, потрібних для усунення дефекту зору.

Коли предмет розглядається обома очима, то на однакових частинах сітчастих оболонок очей утворюються однакові зображення; у відчуттях ці обидва зображення під керуванням мозку зливаються в одне. В цьому суть так званого бінокулярного зору. Зір двома очима дає можливість визначати величину предмета і його .відстань від спостерігача. Якщо зображення проектується на невідповідні місця сітківок обох очей, то мозок нездатний їх сумістити, і тоді спостерігається подвійне зображення предмета. Це, наприклад, можна викликати легким боковим тиском на одне око.

За принципом бінокулярного зору побудоване стереокіно. Для нього знімки проводяться двома близькими камерами, які охоплюють різні бокові сторони краєвиду, а кінострічки проектуються одночасно на екран двома різними проекторами. Обидва проектори поляризують світло так, що площина поляризації світла одного проектора перпендикулярна до площини поляризації світла другого. Тому, коли дивитися на екран через схрещені поляроїдні окуляри, то одне око бачить одне зображення на екрані, а друге око – друге. Злиття цих зображень у відчуттях дає не лише ширину і висоту, але і глибину картини.

Зорове відчуття не зникає одночасно з предметом, а залишається ще протягом $\frac{1}{16}$ *с*. Залишкові подразнення сітківки ока призводять до цікавих наслідків, наприклад, при обертанні пропелера, він здається розмитим; швидкий рух розжареного метеорита ми сприймаємо як світну смугу, в кіно сукупність нерухомих кадрів створює ілюзію безперервного руху. Такі особливості ока як оптичного приладу.

Біофізика «зорового відчуття»

Дію візуальних оптичних приладів не можна осмислити без знання властивостей ока. Око є природним оптичним приладом. Воно має складну будову. Зовні око покрите твердою білковою оболонкою – склерою – завтовшки до 1 *мм*. Передня частина склери прозора і дещо вигнута, вона називається рогівкою. Її зовнішнє покриття переходить в кон'юнктиву, з'єднану з вічком. За роговою оболонкою міститься передня камера, заповнена водянистою вологою. Під склерою розміщена судинна оболонка, яка складається з системи кровоносних судин, що живлять око. Судинна оболонка переходить у райдужну оболонку. Райдужна оболонка посередині має отвір – зіницю ока. За райдужною оболонкою міститься кришталик. За кришталиком розташована задня камера, заповнена водянистою вологою. До судинної оболонки, що заповнює внутрішню западину, склери, прилягає пігментний шар, за яким міститься сітківка оболонки, або ретина. У ній розміщені чутливі до світла елементи у вигляді паличок і колбочок. Довжина палички – близько 0,06 *мм*, колбочки – 0,035 *мм*. Посередині ретини, в ділянці, що прилягає до місця входження зорового нерва в очне яблуко, міститься більше колбочок, а в бокових ділянках – більше паличок. У місці входження зорового нерва немає цих елементів, тому воно називається сліпою плямою. Діаметр її – близько 1,8 *мм*. Над сліпою плямою міститься жовта пляма, заповнена переважно колбочками. У центрі жовтої плями є заглибина діаметром близько 0,4 *мм*, в якій містяться лише колбочки. Це місце найбільш чіткого бачення. Центр його збігається з перетином оптичної осі ока та сітківки, тобто з точкою заднього фокуса розслабленого ока. Отже, лінія, яка називається зоровою віссю, по якій відбувається спостереження досліджуваного предмета, не збігається з оптичною віссю, а складає з нею деякий кут (близько 5°). При спостереженні предметів око людини своєю зоровою віссю немовби сканує всі контури, послідовно виводячи їх у ділянку жовтої плями.

Людське око за принципом дії, як уже відзначалося, дуже нагадує дію фотоапарата. Роль об'єктива в ньому виконує кришталик,

фотографічної пластинки – ретина, діафрагми – зіниця. Але на цьому подібність між ними закінчується, далі йдуть відмінності. Якщо для фотооб'єктива фокусна відстань є величина стала, а чіткості в більшості апаратів досягають за допомогою зміщення об'єктива відносно касети, то в оці відносне положення кришталика і ретини залишається незмінним. Ретина і предмет стають спряженими відносно кришталика завдяки зміні його фокусної відстані. М'язи ока, напружуючись, змінюють кривизну кришталика і в незначній мірі його показник заломлення, що веде до зміни фокусної відстані. Цей складний процес утворення чіткого зображення досліджуваного предмета на ретині ока називається акомодацією. Отже, *акомодація* – це здатність ока пристосовуватись до чіткого послідовного спостереження різновіддалених предметів.

Розрізняють дальню і ближню точки ясного бачення. Під дальньою точкою розуміють точку, що відповідає повному спокою акомодації. У цьому випадку м'язи кришталика повністю розслаблені, а задній фокус його міститься на ретині: кажуть, око акомодоване на нескінченність. Від кожної точки предмета, розміщеного в дальній точці або поза нею, в око входять практично паралельні пучки променів, які, перетинаючись на сітківці, дають чітке зображення відповідних точок.

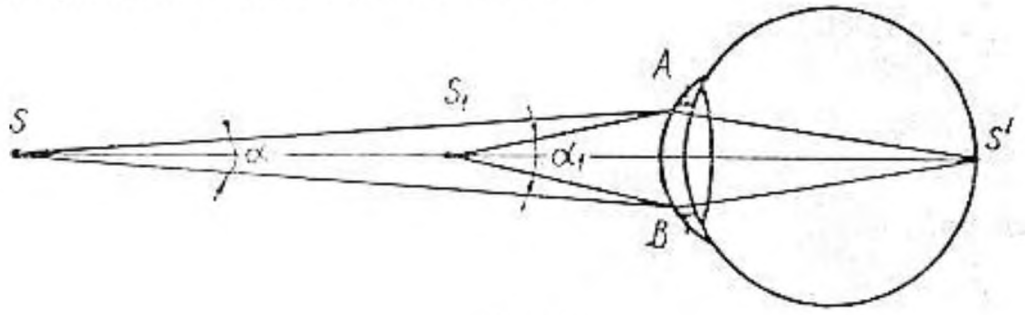


Рис. 8.

Акомодаційна здатність ока має свої межі, і це проявляється в існуванні ближньої точки ясного бачення. В середньому відстань її від ока становить 10–14 *см*. Ближня точка – це те положення предмета, коли за максимальних зусиль м'язів кришталика ми можемо ще досить чітко сприймати предмет. Дальше наближення предмета до ока і шкідливе, і не дає чіткого сприйняття.

Розглянемо процес утворення зображення оком світної точки S (рис. 8). Кут α, під яким видно зіницю ока AB з даної точки S, називається апертурним кутом. В утворенні зображення S' точки S на сітківці ока беруть участь лише ті промені, які обмежені цим кутом. Залежно від положення точки (S_1, S) відносно ока величина апертурного кута буде змінюватись. З наближенням її до ока апертурний кут зростає (α_1), з віддаленням – зменшується (α).

Для дальньої точки α=0. У цьому випадку в око входять практично паралельні промені. Усі інші, більш близькі положення предмета, пов'язані із скороченням м'язів кришталика і ведуть до швидкої втоми ока. У повсякденному житті ми не завжди помічаємо втому. Це пояснюється тим, що, як правило, наше око довго не затримується на одному місці, а весь час змінює стан акомодації. Проте серед багатьох положень світної точки існує одне звичне положення, за якого око порівняно менше стомлюється. Це відстань найкращого бачення, яка в середньому дорівнює 25 *см*. Протягом усього свідомого існування людина звикла розглядати деталі невеликих речей на відстані приблизно 25 с*м*. На цій відстані ми тримаємо книгу під час читання, зошит під час письма тощо. Відстані найкращого бачення відповідає певний апертурний кут, який ми позначимо через $\alpha_н$. Позначимо апертурний кут пучка променів для ближньої точки через $\alpha_б$. Якщо предмет міститься між ближньою точкою і оком, кришталик уже на може зібрати весь пучок променів в одну точку на ретині ока (рис. 9).

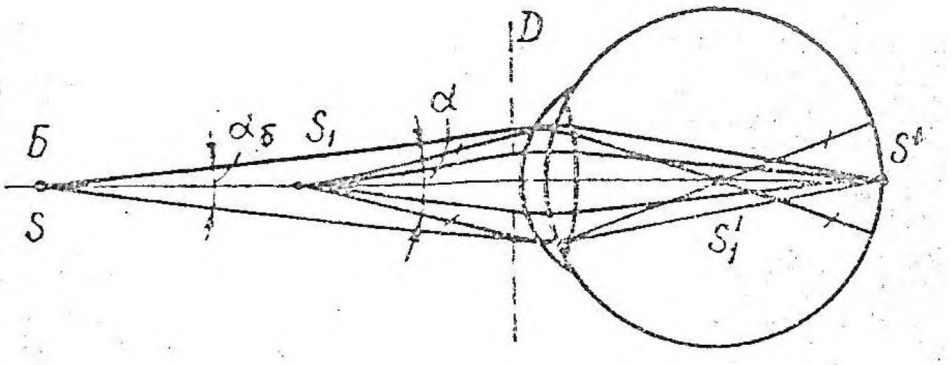


Рис. 9.

Частина внутрішнього конуса з $\alpha_н \leq \alpha_б$ збирається на ретині, а решта зовнішніх променів має точку перетину перед ретиною. Очевидно, якщо за допомогою діафрагми D, яку показано на рис. 9 пунктиром, виділити з широкого конуса внутрішню частину, то на сітківці зображення точки знову стане, чітким. Щоправда, яскравість зображення істотно зменшиться, бо значна частина променів затримається діафрагмою.

Здавалося б немає особливої проблеми в тому, що людина може розглядати предмет лише поза ближньою точкою, і якихось незручностей немовби не повинно виникати. А насправді виникає гостра потреба спостерігати предмет саме на цьому відрізку відстаней від ока. Справа в тому, що для процесу, бачення відіграє надзвичайно важливу роль ще одне поняття – поняття кута зору. Під кутом зору γ на предмет AB (або на дві будь-які точки на предметі) розуміють кут, під яким видно ці точки з центра зіниці ока (рис. 10). Звернімо увагу на те, що апертурні кути точок A і B практично рівні між собою, тобто вони знаходяться в акомодаційному відношенні в рівних умовах.

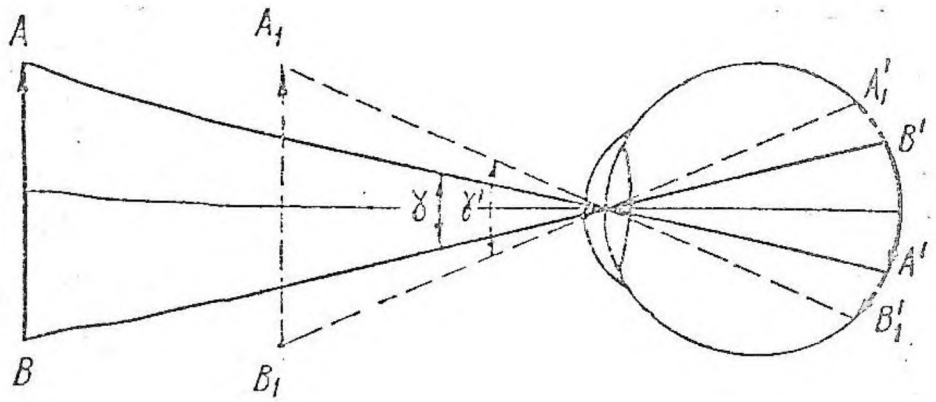


Рис. 10.

Виходячи з простих геометричних міркувань, здавалося б, око повинно розрізняти або бачити окремо довільні дві точки предмета, як би близько вони одна до одної не лежали. А насправді це не так.

Виявляється, що дві близькі точки лише тоді розділяються, коли кут зору на них перевищує *1'*, в іншому випадку вони зливаються.

Яким же способом можна збільшити кут зору, якщо він менший *1'*? Треба наблизити предмет до ока настільки, щоб цей кут став більшим за *1'*. Таке положення показане на рис. 9. пунктиром. Так от, коли предмет за цього ще не перейде за ближню точку, то спостерігач побачить дві точки *A* та *B* чітко і роздільно. Якщо ж предмет внаслідок необхідного наближення стане між ближньою точкою і оком, то хоч кут зору для ока і буде більший за *1'*, чіткої картини спостерігач не побачить. Мало що допоможе тут і застосування додаткової діафрагми, бо вона значно зменшить інтенсивність освітлення та поле зору, а око буде в перенапруженому стані.

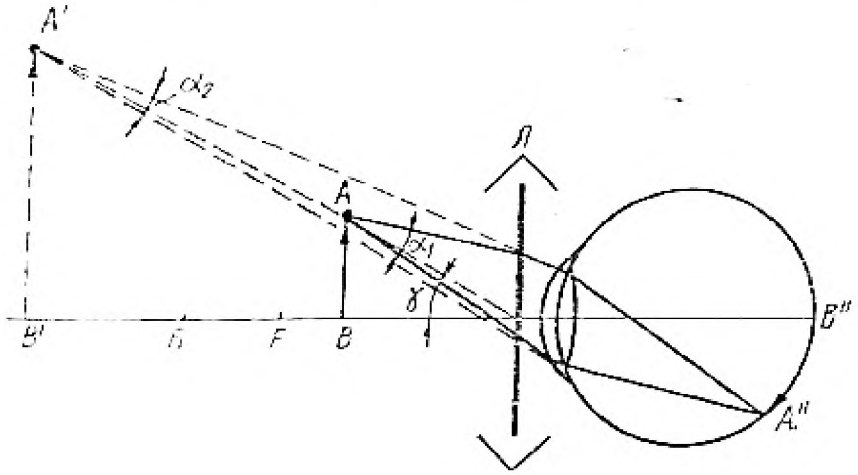


Рис. 11.

Який же вихід з цього скрутного становища? Він був знайдений після застосування допоміжної збиральної лінзи – лупи. Поставимо між предметом і оком лінзу *Л* (рис. 11). Лінза змінює кут розбіжності променів, що входять в око. Оскільки око бачить кожну точку на перетині продовження променів, що в нього входять, то видиме положення предмета, яке називається уявним, лежатиме тепер за ближньою точкою і буде чітким.

Кут зору на уявне зображення предмета для ока залишається таким самим, як і без лінзи. Отже, лінза кут зору не змінює. Вона лише допомагає оку розглядати предмет, якщо він міститься ближче від ближньої точки.

Звідси випливає дуже важливий висновок, що збільшення кута зору відбувається лише внаслідок наближення предмета до ока, а роль лінзи зводиться лише до реалізації цієї можливості. Отже, лінза, яка називається лупою, сама по собі не збільшує кут зору. Більше того, збільшити кут зору можна і без лінзи, скориставшись діафрагмами, проте лінза дає можливість різко підвищити освітленість зображення та збільшити поле зору.

З досвіду ми знаємо, що намагаючись розглянути якийсь дрібний об'єкт, ми наближаємо або віддаляємо лупу від нього доти, поки в певному її положенні чітко не побачимо зображення цього предмета. Отже, існує лише одне положення предмета відносно лупи для його чіткого спостереження. Що ж це за положення і чим воно визначається?

Виявляється, що це таке положення перед лінзою, за якого уявне зображення для ока міститься на відстані найкращого бачення. Це положення найбільш звичне для ока. Як за розгляду предмета, який тримаємо в руці, ми його віддаляємо на відстань 25 *см*, так само тепер зміщуємо лінзу доти, поки уявне зображення предмета не потрапить на відстань 25 *см*.

На практиці ми вибираємо лупу, щоб вона розділяла найменшу з потрібних відстаней між двома точками, і з нею розглядаємо потрібний предмет.

Але зробити це не просто. Справа в тому, що коли не вжити додаткових заходів, спостерігач завжди поставить предмет між фокусом і лінзою так, щоб зображення було на відстані найкращого бачення. Ніякими внутрішніми бажаннями він не може розташувати предмет у фокальній площині. А розташовувати треба саме туди. Вихід з цього становища було знайдено в тому, що при виготовленні лупи в її фокальній площині розміщують перехрестя ниток або маленьке вістря, жорстко зв'язане з оправою лінзи. Тепер спостерігач спочатку акомодується на це перехрестя, а потім наближає предмет до лупи так, щоб одночасно бачити як перехрестя, так і предмет. Це й означатиме, що предмет міститься в фокальній площині.

Лупа є складовою частинкою дуже багатьох оптичних приладів.

1.4. Теоретичні і експериментальні методи пізнання світу. Раціональне і ірраціональне

В основі природничо-наукового пізнання навколишнього світу лежить складна творча робота, яка включає свідомі і підсвідомі елементи, що поєднуються. Про важливу роль підсвідомих елементів говорили багато видатних учених. Зокрема, А. Ейнштейн наголошував: «Немає ясного логічного шляху до наукової істини, її треба вгадати деяким інтуїтивним стрибком мислення». Особливості та специфіка свідомих і підсвідомих елементів надають індивідуального характеру вирішенню різними вченими навіть однієї й тієї ж природничо-наукової проблеми.

Незважаючи на індивідуальність і специфіку вирішення наукових завдань, все ж таки можна назвати цілком певні правила наукового пізнання:

- нічого не брати до уваги як істинне, що не видається ясним і виразним;
- важкі питання ділити на стільки частин, скільки потрібно для їх вирішення; починати дослідження з найпростіших і зручніших для пізнання речей і поступово рухатися до пізнання важких і складних;
- зупинятись на всіх дрібницях, на все звертати увагу, щоб бути впевненим, що нічого не пропущено.

Ці правила вперше сформулював Рене Декарт, французький філософ, математик, фізик та фізіолог. Вони становлять сутність методу Декарта, однаковою мірою застосовуваного як для природничо-наукового, так і гуманітарного пізнання.

Методи наукового пізнання прийнято групувати за ступенем їх спільності, тобто за широтою застосування в процесі наукового дослідження.

Загальних методів в історії пізнання відомо два: «діалектичний» і «метафізичний». Це загальфілософські методи. Із середини XIX сторіччя діалектичний метод почав усе більше й більше витісняти з природознавства метафізичний метод.

Другу групу методів пізнання складають загальнонаукові методи, які використовуються в найрізноманітніших галузях науки, тобто мають дуже широкий міждисциплінарний спектр застосування. Класифікація загальнонаукових методів тісно пов'язана з поняттям рівнів наукового пізнання.

Розрізняють два рівні наукового пізнання: «емпіричний» і «теоретичний». Одні загальнонаукові методи застосовуються лише на емпіричному рівні (спостереження, експеримент, вимірювання), інші – лише на теоретичному (ідеалізація, формалізація), а деякі (наприклад, моделювання) – як на емпіричному, так і на теоретичному рівнях.

Емпіричний рівень наукового пізнання пов'язаний із безпосереднім дослідженням об'єктів, які реально існують і які людина може сприймати за допомогою органів чуття. На цьому рівні триває процес нагромадження інформації про досліджувані об'єкти та явища шляхом проведення спостережень, виконання різноманітних вимірювань, постановки експериментів. На цьому рівні відбувається також первинна систематизація одержаних фактичних даних у вигляді таблиць, схем, графіків і т.п. Крім того, уже на другому рівні наукового пізнання завдяки узагальненню наукових фактів можна сформулювати деякі емпіричні закономірності.

Теоретичний рівень наукового дослідження пов'язаний з раціональним (логічним) ступенем пізнання. На цьому рівні можна виявити найбільш глибокі, істотні ознаки, взаємозв'язки та закономірності, які властиві досліджуваним об'єктам і явищам. Теоретичний рівень – це вищий ступінь наукового пізнання. Результатом теоретичного пізнання є гіпотези, теорії, закони.

У наші дні намітилася інтеграція природничо-наукового знання, яка проявляється у багатьох формах і стає найбільш вираженою тенденцією його розвитку. Все більшою мірою ця тенденція проявляється і у взаємодії природничих наук з науками гуманітарними.

Свідченням цього, є висунення на передній план сучасної науки принципів системності, самоорганізації і глобального еволюціонізму,

що відкривають можливість об'єднання найрізноманітніших наукових знань у цілісну і послідовну систему, яка об'єднується загальними закономірностями еволюції об'єктів різної природи.

Одне із завдань природознавства – пояснювати явища, процеси та властивості об'єктів природи. Слово «пояснити» здебільшого означає «зрозуміти». Що зазвичай має на увазі людина, кажучи, наприклад: «Я розумію властивість об'єкта, який пізнаю». Як правило, це означає: «Я знаю, чим зумовлена ця властивість, у чому її сутність і до чого вона призведе». Так утворюється причинно-наслідковий зв'язок: причина – об'єкт – наслідок. Кількісний опис такого зв'язку є основою наукової теорії, що характеризується чіткою логічною структурою і складається з набору принципів або аксіом і теорем з усіма можливими висновками.

Справжній природознавець не повинен обмежуватися теоретичними твердженнями або висунутими гіпотезами для пояснення явищ або властивостей, що спостерігаються. Він повинен підтвердити їх експериментом, дослідом і пов'язати їх із «дійсним перебігом речей». Лише так можна наблизитись до природничо-наукової істини.

Найважливішими методами природничо-наукового дослідження є спостереження та експеримент.

Спостереження – це навмисне, планомірне сприйняття, яке здійснюється з метою виявити суттєві властивості об'єкта пізнання.

Спостереження відноситься до активної форми діяльності, спрямованої на певні об'єкти і передбачає формулювання цілей та завдань.

Експеримент – це метод, або прийом дослідження, за допомогою якого об'єкт або відтворюється штучно, або ставиться у заздалегідь заплановані умови.

Теоретичні твердження без експерименту мають гіпотетичний характер. Лише за підтвердження експериментом з них народжується справжня природничо-наукова теорія.

Сформулюємо три основні положення природничо-наукового пізнання:

1) в основі природничо-наукового пізнання лежить причинно-наслідковий зв'язок;

2) істинність природничо-наукових знань підтверджується експериментом, дослідом;

3) будь-яке природничо-наукове знання відносне.

Ці положення відповідають трьом стадіям природничо-наукового пізнання. На першій стадії встановлюється причинно-наслідковий зв'язок відповідно до принципу причинності. Перше і досить повне визначення причинності міститься у висловлюванні Демокріта (р. бл. 470 або 460 р. до н.е.): «Жодна річ не виникає безпричинно, але все виникає на певній основі і через необхідність». У сучасному розумінні причинність означає зв'язок між окремими станами видів та форм матерії у процесі її руху та розвитку. Виникнення будь-яких об'єктів та систем, а також зміна їх властивостей у часі мають свої підстави у попередніх станах матерії у процесі її руху та розвитку; ці підстави називаються причинами, а їх зміни – наслідками. Причинно-наслідковий зв'язок – це основа не лише природничо-наукового пізнання, а й будь-якої іншої діяльності людини.

Друга стадія пізнання полягає у проведенні експерименту та досліду. Природничо-наукова істина – це об'єктивний зміст результатів експерименту та досліду. Критерієм природничо-наукової істини є експеримент, дослід. Експеримент і дослід – це явищі інстанції для дослідників природи: їх «вирок» не підлягає перегляду.

Будь-які природничо-наукові знання (поняття, ідеї, концепції, моделі, теорії, експериментальні результати тощо) обмежені та відносні. Визначення меж відповідності та відносності природничо-наукових знань – це третя стадія природничо-наукового пізнання. Наприклад, встановлена межа відповідності, яка іноді називається інтервалом адекватності, для класичної механіки означає, що її закони описують рух макроскопічних тіл, швидкості яких малі в порівнянні зі швидкістю світла у вакуумі.

Як зазначалося, в основі природознавства лежить експеримент, який у більшості випадків включає вимірювання. Підкреслюючи

важливу роль вимірювань, Д.І. Менделєєв (1834-1907) писав: «Наука почалася тоді, коли люди навчилися міряти; точна наука немислима без міри». Вимірювань абсолютно точних не буває, і у зв'язку з цим завдання вченого-природознавця полягає у встановленні інтервалу неточності. За вдосконалення методів вимірювань та технічних засобів експерименту підвищується точність вимірювань і цим звужується інтервал неточності і експериментальні результати наближаються до абсолютної істини. Розвиток природознавства – це послідовне наближення до абсолютної природничо-наукової істини.

Кожен акт пізнавального процесу включає в себе у тій чи тій мірі як наочно-чуттєві – емпіричні, так і абстрактні – теоретичні елементи. Кожен акт живого споглядання пронизаний думкою, опосередкований поняттями, категоріями. Сприймаючи певний об'єкт, ми відразу ж відносимо його до певної категорії речей, процесів.

Історично шлях природничо-наукового пізнання навколишнього світу починався з живого споглядання – чуттєвого сприйняття фактів на основі практики.

Чуттєві форми пізнання здійснюються у різних формах, з яких першою та найпростішою є «відчуття». Результат відчуття – це найпростіші чуттєві відображення окремих властивостей предметів. Будь-який предмет має безліч найрізноманітніших властивостей. Всі ці властивості поєднані в одному предметі. І ми сприймаємо та осмислюємо їх не нарізно, а як єдине ціле. Отже, об'єктивною основою сприйняття світу, як цілісного образу, є єдність і водночас множинність різних сторін та властивостей оточуючих предметів, перебігу природніх явищ, процесів тощо.

Цілісний образ, який безпосередньо відображає вплив на органи чуття предметів, їх властивостей та відношень, називається «сприйняттям».

Сприйняття людини включають усвідомлення, осмислення предметів, їх властивостей і відношень, які засновані на залученні (приєднанні) кожного разу знову одержуваного враження до системи вже наявних знань.

Життя, необхідність орієнтування організму у світі макроскопічних цілісних речей і процесів, організувало наші органи чуття так, що ми сприймаємо речі неначе «сумарно». Обмеженість, наприклад, зорового чи дотикового сприйняття є практично доцільною. Нездатність руки сприймати мікроструктуру, а очей – бачити найдрібніші деталі дає можливість краще відображати макроструктуру. Коли б було інакше, то все зливалося б у суцільне «марево» рухомих частинок, молекул, і ми не бачили б речей та їх меж. Можна уявити, що було б, якби ми на все дивилися через потужний мікроскоп.

Процеси відчуття та сприйняття залишають після себе «сліди» в мозку, суть яких полягає у здатності відтворювати образи предметів, які на даний момент не впливають на людину.

Здатність мозку фіксувати і зберігати вплив чи сигнали довкілля й у потрібний момент відтворювати їх називається «пам'яттю».

Пам'ять відіграє дуже важливу пізнавальну роль у житті людини. Якби образи, виникнувши в мозку в момент впливу на нього предмета, зникали відразу ж після припинення цього впливу, то людина щоразу б сприймала предмети, як зовсім незнайомі. Вона не впізнавала б їх, а отже, і не усвідомлювала. Щоб усвідомити щось, необхідна розумова робота порівняння теперішнього стану з попереднім. Психічні явища, які змінюють одне одного і які не пов'язані з попередніми явищами, перед тим як закріпитися у пам'яті, неспроможні залишитися фактом свідомості. Внаслідок сприйняття зовнішніх впливів та збереження їх протягом тривалого часу пам'яттю виникають «уявлення».

Уявлення – це образи тих об'єктів, які колись впливали на органи чуття людини, і за відсутності об'єктів відновлюються по «слідах», що збереглися в мозку.

Відчуття та сприйняття – це початок виникнення «свідомого відображення». Пам'ять закріплює та зберігає отриману інформацію. Уявлення – це психічне явище, у якому свідомість вперше «відривається» від свого безпосереднього джерела і починає існувати як суб'єктивне явище. У ньому вже втрачається безпосередня чуттєва

данність об'єкта свідомості. «Представлення» – це проміжний щабель за переходу від відчуття до думки. У народі кажуть: «Око бачить далеко, а думка – ще далі».

Без теоретичного осмислення неможливе цілісне сприйняття дійсності, в межах якого різноманітні факти вкладалися б у деяку єдину систему.

Сутність природничо-наукового пізнання навколишнього світу полягає не лише в описі та поясненні різноманітних фактів і закономірностей, виявлених у процесі емпіричних досліджень, виходячи із встановлених законів і принципів, а виражається також і в прагненні дослідників природи розкрити гармонію світобудови.

Найвищий ступінь пізнання – це «мислення». Хоча його джерело – відчуття та сприйняття, але воно виходить за їхні межі та дозволяє формувати знання про такі об'єкти, властивості та явища, які недоступні органам чуття. Мислення звільняє людей від необхідності бути безпосередньо пов'язаними з об'єктом, що вивчається. Воно дає можливість подумки оперувати з об'єктом, ставлячи його в різні співвідношення з іншими об'єктами, зіставляти знання про об'єкт з раніше набутими. Тим самим відкривається шлях щодо самостійної теоретичної діяльності, лише опосередковано пов'язаної з емпіричним пізнанням.

Мислення – це цілеспрямоване, опосередковане та узагальнене відображення в мозку людини істотних властивостей, причинних відношень і закономірних зв'язків речей.

Основними формами мислення є «поняття», «судження» та «умовиводи».

Поняття – це думка, в якій відображаються загальні та суттєві властивості об'єктів і явищ.

Поняття не лише відображають загальне, а й групують, класифікують об'єкти відповідно до їх відмінностей. Наприклад, поняття «дерево» відображає як загальне, те, що властиве всім деревам, але й відмінність будь-якого дерева від інших.

На відміну від відчуттів, сприйняття та уявлень поняття позбавлені наочності чи чуттєвості. Зміст поняття найчастіше

неможливо уявити у вигляді наочного образу. Людина може уявити, наприклад, «добру людину», але вона не зможе уявити у вигляді чуттєвого образу такі поняття, як «доброта», «зло», «краса», «закон», «швидкість світла», «думка» тощо. Але все це вона може зрозуміти.

Поняття виникають і існують у певному зв'язку, у формі «суджень». Думати – означає розмірковувати про що-небудь, виявляти певні зв'язки і відношення між різними сторонами об'єкта або між об'єктами.

Судження – це форма думки, в якій за допомогою зв'язку між поняттями стверджується (або заперечується) щось про щось.

Наприклад, думка, яка виражена передбаченням, що «ядро – це складова частина атома», є судженням, в якому про ядро висловлюється думка, що воно входить до складу атома.

По відношенню до дійсності судження оцінюються як справжні або хибні. Істинність і хибність думок перевіряється практикою.

До того чи іншого судження людина може прийти шляхом безпосереднього спостереження будь-якого факту або опосередкованим шляхом – за допомогою умовиводу.

«Висновок» – це форма міркування, в ході якого з одного або декількох суджень, які називають передумовами або посиланнями, виводиться нове судження (висновок або наслідок), що логічно безпосередньо випливає з посилань.

Приклад: «Якщо дане тіло піддати тертю, то воно нагрівається; тіло піддали тертю, отже, воно нагрілося».

Саме на такому опосередкованому пізнанні ґрунтується вся наука.

Об'єктивною основою опосередкованого процесу пізнання виступає наявність опосередкованих зв'язків, причинно-наслідкових відношень, що існують у самій дійсності і які дають можливість на підставі сприйняття наслідків зробити висновок про причину, яка викликала даний наслідок, а на основі знання причини передбачати наслідки. Опосередкований характер мислення полягає ще й у тому, що людина пізнає дійсність не лише в результаті свого особистого досвіду, а й непрямим шляхом, опановуючи історично накопичений

досвід і знання всього людства, які зафіксовані, наприклад, у пам'ятках писемності.

Одне з важливих завдань природничо-наукового пізнання – це узагальнення всього того, що відомо дотепер про навколишній світ. Експеримент та спостереження дають величезне різноманіття даних, інколи не узгоджених між собою і навіть суперечливих. Головне завдання теоретичного мислення – привести отримані дані в стрункy систему і створити наукову картину світу, позбавлену логічного протиріччя.

Емпіричне пізнання констатує, як відбувається подія. Теоретичне пізнання відповідає на питання, чому вона відбувається саме в такий спосіб. Емпіричне пізнання обмежується описом, фіксацією результатів спостереження та експерименту за допомогою відповідних засобів запису інформації: таблиць, схем, графіків, кількісних показників тощо. Опис фіксує та організовує факти, дає їх якісну та кількісну характеристику, вводить факти в систему вироблених у цій науці понять, категорій, готує фактичний матеріал для пояснення.

Теоретичне пізнання – це насамперед пояснення причин виникнення і перебігу явищ. Воно передбачає з'ясування внутрішніх протиріч речей, передбачення ймовірного та необхідного настання подій та тенденцій їх розвитку.

Існують й інтуїтивні передбачення, для яких немає явних підстав. Такі передбачення характерні для дослідників – великих фахівців у своїй галузі, і для них важливу роль відіграє підсвідома діяльність мозку.

Раціональна і ірраціональна та реальна складові наукової картини світу. Ґрунтуючись на природничо-науковому сприйнятті світу, багато хто переконаний, що навколишній світ підвладний раціональному аналізу. Для них, як вони вважають, всі явища природи можна логічно пояснити, а те, що сьогодні здається дивом, завтра стане пояснюваним і зрозумілим. У вузькому значенні слова «моя картина світу», «мій світогляд» – це мої власні уявлення про світ, які склалися з врахуванням сприйняття моїми органами чуття. У

широкому розумінні – це мої накопичені судження про все, що сприймають мої органи чуття та чим зайняті мої думки. Все це лише відображення невеликої частини видимого навколишнього світу.

Перспектива такого замкнутого світорозуміння має викликати сумнів хоча б тому, що будь-який конкретний світогляд перебуває в русі. Наші уявлення про світ постійно змінюються. Ми говоримо про власний горизонт пізнання, який може розширюватися. Щоб розсунути рамки наших знань, є безліч різних освітніх систем, джерел інформації тощо.

Численні конкуруючі між собою чинники впливають на наш світогляд і зрештою визначають його. Вони пов'язані із соціальними, етнічними, сімейними та іншими умовами життя.

Генетичні, психологічні та багато інших факторів відіграють за цього теж дуже важливу роль. Поряд із комплексом наперед заданих умов, які в більшості випадків не можна змінити, зберігається можливість прийняття самостійних, індивідуальних рішень. Неповторність, невідтворюваність кожної особистості визначаються у тому числі нашими усвідомленими, вольовими рішеннями. З великого потоку інформації кожен вибирає лише те, що хоче сприйняти, і це формує світогляд особистості.

Важко не погодитися з тим, що ми принципово не в змозі безпосередньо сприймати світ таким, яким його реєструють наші очі та вуха: всі відчуття органів чуття обробляються, оцінюються, «фільтруються» нашим мозком і «сплавляються» потім у єдину картину. Здійснювана мозком обробка відчуттів спрямована насамперед на створення цілісного сприйняття.

Тому абсолютно нормально, що людині з раціональним мисленням уявлення про надприродні явища або про Бога здаються немислимими і, отже, абсолютно необґрунтованими.

Спробуємо визначити інший критерій оцінки оптимального сприйняття світу. Наведемо характерний приклад, який, хоч і уявляється нашою раціональною логікою абсолютно неможливим, проте є фізичною реальністю – це корпускулярно-хвильовий дуалізм світла. Якщо розділити промінь лазера на два, то, накладаючись один

на одного, вони можуть «погаситися» (промені протифазні), і, навпаки, інтенсивність синфазних променів підсумовується. Це «явище інтерференції» можна пояснити хвильовою природою світла. Однак світло має і корпускулярну природу, що підтверджується експериментально. Обидві природи світла видаються нашій логіці взаємовиключними протилежностями, оскільки за жодних обставин два потоки частинок, накладаючись один на одного, не можуть погаситися. Подвійна природа світла, або, як кажуть у фізиці, дуалізм світла, наочно показує, що для розуміння природи світла раціонального аналізу недостатньо.

Кожна епоха народжує нові знання про природу та новий досвід сприйняття навколишнього світу та нас самих. Але такі знання та досвід не є новим світоглядом. Це лише крок, який абсолютно необхідний для формування світогляду. Людям необхідні найрізноманітніші знання і все те раціональне, що здобуте природознавством, щоб використовувати могутність людини та природи на благо людини.

Людина володіє дивовижним феноменом – «розумом», завдяки якому вона пізнає навколишній світ, їй дана здатність аналізувати те, що відбувається, і передбачати лише деякі фрагменти майбутнього, хоч повністю передбачити майбутнє їй не дано. Але розум не всесильний, і абсолютизація його можливостей украй небезпечна. Не менш небезпечна і абсолютизація природничо-наукової істини, яка, подібно до міражу, віддаляється по мірі набуття нових знань і формування нових емпіричних узагальнень. Ось чому світогляд ніколи не можна звести до суто наукового, раціонального світорозуміння.

Раціональне начало не можна поєднувати з ірраціональним, тобто з тим, що не є логічним наслідком того чи того емпіричного узагальнення. Кожна людина живе у своєму ірраціональному середовищі, що відіграє важливу роль у її діях та долі. Важко пояснити ірраціональну сутність людини, оскільки вона має своєрідну специфіку та індивідуальні особливості, які властиві кожній людині. Світ людини – це нерозривний зв’язок раціонального

та ірраціонального: інтуїції, інстинктів, прозріння, нелогічності поведінки і т. п. Будь-які раціональні дії, які засновані на емпіричних фактах, завжди пов'язані з ірраціональними елементами. Можливо, ірраціональна складова світогляду дає людині найбільшу радість, відчуття повноти та принади життя. Шлях у світ ірраціонального лежить через релігійні знання, пізнання мистецтва, художніх літературних цінностей, через музику та поезію, які здатні, минаючи логіку, торкатися найглибших почуттів людини.

У кожній людині закладене певне ірраціональне начало, свій власний внутрішній духовний світ, який виникає сам собою. І якщо люди хочуть зберегти себе, свій рід, природу і все те, що накопичене людством за тисячоріччя, їм необхідно не лише опанувати природничо-наукові знання, а й навчитися сприймати ті елементи ірраціонального, якими багата природа і які створює сама людина.

Співвідношення природничо-наукового та релігійного знання. Світогляд, що включає раціональне та ірраціональне начала, відрізняється від науки як цілеспрямованої пізнавальної діяльності. Наявність ірраціональної складової означає, що обмежити світогляд певними рамками неможливо: зокрема, не можна зробити його основою лише однієї будь-якої філософської системи. Історія трьох з лишком сторіч незаперечно свідчить, що будь-яка спроба здійснити таке обмеження (наприклад, визнати лише матеріалізм як універсальне світорозуміння,, яке здатне замінити релігію) закінчувалися невдачею.

Разом з тим, повністю зводити релігію до ірраціонального було б помилкою, оскільки вона немислима без раціональних пояснень, що лежать в основі теології (сукупності релігійних доктрин і вчень), яка розвивається, як і будь-яка інша наука. Раціональний підхід, таким чином, розмиває межу між релігією та наукою.

Для глибшого розуміння сутності наукових і релігійних знань та їх відмінностей спробуємо визначити, що таке наука, не обмежуючись за цього лише аксіоматичними твердженнями: фізика – це наука, біологія – теж наука, уфологія – ні і т. п. Німецький філософ

Георг Гегель (1770-1831) дуже вдало сформулював основні визначальні науку ознаки:

1) існування достатнього обсягу дослідних даних;

2) побудова моделі, що систематизує дослідні дані;

3) можливість на основі моделі передбачити нові факти, що лежать поза початковим досвідом.

Названі ознаки притаманні будь-якому природничо-науковому відкриттю. Наприклад, періодичний закон Д.І. Менделєєва дозволив скласти таблицю хімічних елементів та передбачити існування раніше невідомих хімічних елементів.

Згідно з сучасним визначенням, наука – це сфера людської діяльності, функція якої – вироблення та теоретична систематизація об'єктивних знань про дійсність. Втім, це визначення, як будь-яке й інше, носить певною мірою аксіоматичний характер, тобто містить елементи, які строго довести неможливо.

Понад те, аксіоми тому й аксіоми, що вони не доводяться, а приймаються на віру. Звичайно, більшість аксіом узагальнює абстрагований досвід, який і не потребує доведень, і немає нічого дивного в тому, що йому потрібно вірити. Однак є й такі аксіоми та твердження, які з жодного досвіду не випливають. Наприклад, у геометрії Евкліда – аксіома про паралельні прямі лінії, у фізиці – постулати Бора, постулати теорії відносності тощо. Проте всі вони приймаються на віру. Таких аксіом і постулатів стає дедалі більше, але це не означає, що межа між наукою і релігійними знаннями, які засновані на вірі, розмивається, тобто, що уявлення про науку зміщуються у бік релігії.

Наукове знання – це таке знання, задля досягнення якого людина використовує матеріал досвіду та закони логіки. Кожен новий елемент знання виводиться з попередніх. Учений перебуває в «залізних лещатах» законів природи та логіки. Він невільний. Релігійне знання принципово відрізняється тим, що воно нізвідки не може бути виведене. Воно досягається в результаті раптового внутрішнього осяяння, як натхнення згори. Якби існування Бога

можна було довести, то релігія зникла б, оскільки вона перетворилася б на звичайне наукове знання.

Однак незважаючи на відмінності, раціональне начало науки та раціональні пояснення теології зближують наукові і релігійні знання.

Православне розуміння сфер природничо-наукового знання та релігії багато в чому передбачило висновки історичних та філософських досліджень феномену науки, зроблених у другій половині XX ст. Бурхливий розвиток природознавства наново поставив питання про виникнення фундаментальних уявлень про «простір» і «час», а після появи квантово-механічного опису мікрооб'єктів та інших нових положень сучасного природознавства, навколишній світ більше не сприймається як величезна детермінована система, в якій Богу просто немає місця. Крім того, й історико-філософські дослідження показують суттєву залежність науки від культурних та духовних поглядів, у тому числі й релігійних. Отже, нині діалог між наукою та релігією вийшов на новий рівень.

Більш осмисленими стали питання: як і чому виникли елементарні частинки? Чому, наприклад, електрон має цілком певний заряд та розміри? По-новому сьогодні звучить і питання походження Всесвіту. Чи було щось до початку виникнення об'єктів Всесвіту? Якщо ні, то як він утворився?

Сучасна природничо-наукова космологія вирішує проблеми, що співвідносяться з питаннями, які традиційно обговорюються теологією. Можливо не випадково багато вчених-природознавців і математиків, розпочавши свої дослідження людьми невіруючими, кожен своїм шляхом, по-різному, нерідко приходили до віри.

Входячи в XXI сторіччя, ми повинні пам'ятати, що сучасне природознавство виросло на працях геніальних учених-природознавців: Ньютона, Кеплера, Фарадея, Максвелла та ін., чия віра в Бога спонукала їх на вивчення Всесвіту.

В наш час для деяких людей, як і раніше, основним аргументом у міркуваннях залишається інша віра – віра у творчу силу випадку. Те, що за цього мова йде про віру, а не про науково обґрунтоване

розуміння явищ, відомий вчений Л.Х. Метьюз у передмові до книги Дарвіна «Походження видів» у 1971 р. сформулював так: «Віра в еволюцію точно відповідає вірі в божественне створення світу – обидві є переконаннями, у вірності яких віруючі не сумніваються, хоча і не можуть навести аргументів щодо своєї правоти». У цьому зв'язку є розумним розглядати обидві концепції як принципово мислимі і допустимі.

Іншими словами, основним орієнтиром діяльності вченого-природознавця та й будь-якого іншого повинні бути ті моральні норми та принципи, які вироблялися та перевірялися життям протягом сторіч. Головні ж із них – це заповіді, сформульовані ще за давніх часів у Нагірній проповіді. Здається, сьогодні, як і раніше, актуальним є мудре нагадування Серафима Саровського про необхідність уникати «розсіяння розуму», але пробуджувати у людей голос совісті, сердечну скорботу та бажання змін на краще. Не менш актуальними є слова Альберта Ейнштейна (1879 – 1955): «Наука без релігії кульгава, а релігія без науки сліпа». Наукові знання не можуть знищити віру та замінити її, але й віра не може замінити науку.

Знання наукове і знання релігійне несумісні, тому що їх пізнавальні установки абсолютно протилежні. Можна навести багато прикладів, що підтверджують цю тезу. Протилежність проявляється у всьому: у процедурах пізнання, у відношенні до дослідження, до його емпіричних та теоретичних основ, у трактуванні істини тощо. Найбільш просту і загальну відмінність релігії від природознавства можна означити наступним чином. Його можна висловити такою тезою: у науковому природознавстві немає абсолютної істини. Будь-яка істина є лише результатом, який досягається. У релігії ж є абсолютна істина, яка не може бути ні подолана, ні скасована, ні за яких умов – це Бог.

Однак навіть така радикальна суперечність не перериває глибокого історичного зв'язку природознавства та релігії. Прикладом може бути «схоластика», роль якої у формуванні природничо-наукового знання вважається переднауковим етапом.

Проблему протистояння науки та релігії сьогодні навряд чи можна назвати актуальною. Усі «великі битви» з-поміж них залишилися в історії, і межі визначилися. Перевага на боці науки. Але вона не абсолютна. Природничо-науковий досвід не в змозі повністю замінити світогляд і ось тут релігія чи не на рівних починає конкурувати з природознавством. Наукова картина світу не в змозі задовольнити всі уми. У ній багато прогалин. Вона не гарантує ані душевного спокою, ані віри в абсолют. Крім того, наука – це така сфера діяльності, яка в силу інтелектуальної складності не може бути справою дуже багатьох. Спроба популярно уявити наукове світобачення також має свої межі, вихід за які є неприпустимим.

У той же час, незважаючи на всі недоліки, наукове природознавство практично довело свою перевагу перед умоглядною релігією. Техніка промовистіше за будь-які слова характеризує межі її можливостей. Ситуація змінилась. Якщо в епоху теоцентризму знання підкорялося диктату догм релігії, то тепер релігія «підганяє» свої догми під фундаментальні наукові відкриття.

Для багатьох людей підхід, у якому поєднуються авторитет релігії, та можливості наукового природознавства, є найбільш прийнятною формою світогляду. Він дозволяє задовольнити кілька вкрай необхідних для будь-якої людини потреб. Перша з них – це потреба у вірі, що випливає з природної психологічної установки будувати свої відносини з оточуючим світом на якійсь міцній основі. Цю основу дає релігія. Друга – це потреба у розумінні. Людина не може існувати в незрозумілому необжитому світі. Наука через технології перетворює важкодоступну для розуміння «тканину» світобудови в елементарну фактуру побуту. У результаті формується сучасний варіант світогляду, який задовольняє потребу у вірі та потребу у розумінні.

У цьому процесі відчувається певна закономірність і, очевидно, до цього синтезу слід ставитися спокійно, оскільки сучасне співвідношення позицій науки і релігії таке, що ніякої мови про абсолютно неприйнятний для науки ідеологічний диктат бути не може. У той самий час, мабуть, релігія якось по-своєму здатна

заповнити духовні порожнечі, які неминуче утворюються у світорозумінні за наукового освоєння дійсності.

У даний час у відносинах релігії та науки набирають силу процеси явного зближення. Якщо на початку Нового часу, в епоху Просвітництва наука прагнула набути повної автономії від релігії та витіснити її з позицій світоглядного та духовного центру культури, то тепер відбувається їх зближення та взаємодія у формуванні цінностей культури, орієнтованої на людину.

У галузі фундаментальної теоретичної фізики також розробляються концепції, які наближають висновки сучасної науки до деяких релігійних поглядів. Наприклад, згідно із думками деяких авторів, об'єктивно існуючий світ не вичерпується лише матеріальним світом, що сприймається нашими органами чуття або фізичними приладами. Автори таких концепцій дійшли до висновку, що разом з матеріальним світом існує реальність вищого порядку, яка має принципово іншу природу порівняно з реальністю матеріального світу. З їх погляду, саме цей вищий світ визначає структуру й еволюцію світу матеріального. Наприклад, стверджується, що об'єктами світу вищої реальності виступають не матеріальні системи, як у мікро-, макро- і мегасвітах, а якісь ідеальні фізичні й математичні структури, що проявляються в матеріальному світі у вигляді науково-природничих законів. Ці структури виступають як носії ідеї необхідності, загальнозначущості і регулярності, які і виявляють сутність об'єктивних фізичних законів.

Але одних законів, породжених такого роду фізичними й математичними структурами, явно недостатньо для пояснення існування матеріального світу. Необхідна безліч додаткових до них програм, які визначають «поведінку» й еволюцію матеріальних об'єктів.

Таким чином, згідно із вказаним підходом, кожна матеріальна система є втіленням деякої ідеальної структури, а її еволюція визначається певною програмою. Програма припускає певну спрямованість розвитку, тобто його мету. Оскільки будь-яка програма не може виникнути сама по собі, а є продуктом творчого

акту, то, як вважають деякі фізики-теоретики, Всесвіту властивий «творчий Розум». На їх погляд, матеріальний світ є лише « нижнім шаром» буття, що взаємодіє з усіма іншими шарами і визначається ними.

Над світом матеріальних об'єктів знаходяться: «поверх» ідеальних фізичних і математичних структур, що визначають фундаментальні закони природи; поверх численних програм, що визначають еволюцію Всесвіту в цілому і матеріальних систем зокрема; поверх духовного світу людини – світу духовної свободи. Вершиною в ієрархічній структурі Всесвіту є «Вищий Розум» як надчуттєва, надособова першооснова всього світу, що підноситься над природою і людиною.



РОЗДІЛ 2. ПРИРОДНИЧО-НАУКОВА КАРТИНА СВІТУ ЯК СИСТЕМА ЗНАНЬ У РОЗВИТКУ

2.1. Речовина. Поле. Вакуум.

Одне з найважливіших завдань природознавства – створення природничо- наукової картини світу у вигляді цілісної впорядкованої системи. Для її побудови використовуються, як базові, поняття матерії та її властивостей.

Матерія – це все те, що прямо чи опосередковано діє на органи чуття людини та інші об'єкти. Навколишній світ, все існуюче навколо нас є матерією, яка тотожна реальності. Невід'ємна властивість матерії – рух. Без руху немає матерії, і навпаки. Рух матерії – це будь-які зміни, що відбуваються з матеріальними об'єктами внаслідок їх взаємодій. Матерії немає у безформному стані – з неї утворюється складна ієрархічна система матеріальних об'єктів різних масштабів і складності.

Відмінна особливість природничо-наукового пізнання полягає в тому, що для дослідників природи представляє інтерес не матерія або рух взагалі, а конкретні види матерії і руху, властивості матеріальних об'єктів, їх характеристики, які можна виміряти за допомогою приладів. У сучасному природознавстві розрізняють три види матерії: речовина, фізичне поле та фізичний вакуум.

Речовина – це основний вид матерії, що має масу. До речових об'єктів відносяться елементарні частинки, атоми, молекули та численні утворені з них матеріальні об'єкти. У хімії речовини поділяються на прості (з атомами одного хімічного елемента) та складні – хімічні сполуки. Властивості речовини залежать від зовнішніх умов та інтенсивності взаємодії атомів і молекул, що й обумовлює різні агрегатні стани речовини: твердий, рідкий та газоподібний. За порівняно високої температури утворюється плазма. Перехід речовини з одного стану в інший можна розглядати як один із видів руху матерії.

У природі спостерігаються різні види руху матерії, які можна класифікувати з урахуванням змін властивостей матеріальних

об'єктів та їх впливів на навколишній світ. Механічний рух (відносне переміщення тіл), коливальний та хвильовий рух, поширення та зміна різних полів, тепловий (хаотичний) рух атомів і молекул, рівноважні та нерівноважні процеси в макросистемах, фазові переходи між агрегатними станами (плавлення, пароутворення та ін.), радіоактивний розпад, хімічні та ядерні реакції, розвиток живих організмів та біосфери, еволюція зірок, галактик та Всесвіту в цілому – все це приклади різноманітних видів руху матерії.

Фізичне поле – це особливий вид матерії, що забезпечує фізичну взаємодію матеріальних об'єктів та їх систем. До фізичних полів відносяться електромагнітне та гравітаційне поля, поле ядерних сил, а також хвильові (квантові) поля, що відповідають різним частинкам (наприклад, електрон-позитронне поле). Джерелом фізичних полів є частинки (наприклад, для електромагнітного поля – заряджені частинки). Створені частинками фізичні поля переносяться з кінцевою швидкістю взаємодії між ними. У квантовій теорії взаємодія визначається обміном квантами поля між частинками.

Фізичний вакуум – це нижчий енергетичний стан квантового поля. Цей термін введений у квантовій теорії поля для пояснення деяких мікропроцесів. Середня кількість частинок – квантів поля –у вакуумі дорівнює нулю, проте в ньому можуть народжуватися віртуальні частинки – частинки в проміжних станах, що існують короткий час. Віртуальні частинки впливають на фізичні процеси. У фізичному вакуумі можуть народжуватися пари «частинка-античастинка» різних типів. За досить великої концентрації енергії вакуум взаємодіє з реальними частинками, що підтверджується експериментом. Передбачається, що з фізичного вакууму, який перебуває у збудженому стані, народився Всесвіт.

Тобто, основою всього, що існує у новій картині світу, є фізичний вакуум.

Фактично фізичний вакуум є «первинним бульйоном» віртуальних частинок різної природи, які постійно народжуються та знищуються. Таким чином, сучасні теорії суттєво змінили погляд на вакуум, який у класичних картинах світу вважався місцем, вільним від матерії.

Вакуум за сучасними концепціями –це система полів (електромагнітних, електрон-позитронних, піонних та інших), які здійснюють нульові коливання. В результаті цих коливань вакуум має енергію, тиск та інші фізичні параметри. Фізичний вакуум бере безпосередню участь у формуванні кількісних і якісних властивостей фізичних об'єктів. Такі властивості частинок, як спін, маса, заряд, з'являються завдяки їх взаємодії з вакуумом.

Зв'язок між віртуальними частинками і вакуумом має динамічну природу: образно висловлюючись, вакуум є «жива пустота» в повному розумінні цього слова. У його пульсаціях беруть початок нескінченні цикли народжень і руйнувань, починаючи з частинок і закінчуючи Всесвітом у цілому. Цей світ складається вже не з цеглин – елементарних частинок, а з сукупності процесів - вихорів, хвиль, турбулентних рухів. Цей світ неначе «пузириться» нескінченно різноманітними взаємодіючими відкритими системами із зворотним зв'язком. Цей світ – вже не об'єкт, а суб'єкт. Одночасно зникає межа між речовиною, полем і вакуумом. На фундаментальному рівні всі межі у природі виявляються умовними. Чотири відомі зараз взаємодії зливаються в єдину, яка проявляється різними своїми гранями.

Багато фізиків вважають відкриття динамічної суті вакууму одним із найважливіших досягнень сучасної фізики. Сучасна фізика демонструє, що на рівні мікросвіту матеріальні тіла не мають власної сутності, вони є нерозривно пов'язані із своїм оточенням: їх властивості можуть сприйматися лише в термінах їх взаємодії з навколишнім світом. Нерозривна єдність Всесвіту виявляється не лише у світі нескінченно малого, але й у мегасвіті – цей факт уже одержав визнання в сучасній фізиці і космології.

Мікросвіт утворюють мікрочастинки, якими є так звані елементарні частинки (електрони, протони, нейтрони та інші «прості» частинки), а також складні частинки, які утворені із порівняно невеликої кількості елементарних частинок (ядра атомів, атоми, молекули). Мікрооб'єкти не здатні впливати безпосередньо на наші органи чуття – ні бачити, ні відчути їх неможливо. Нічого подібного до мікрооб'єктів у тому світі, який ми сприймаємо, не існує.

Мікротіла не схожі ні на що з того, що нам хоча б колись випадало побачити.

Оскільки поведінка мікрооб'єктів так не схожа на наш повсякденний досвід, то й виявлення їх властивостей вимагає іншого підходу.

Такий підхід підказало детальне вивчення природи світла. В результаті поглиблення уявлень про природу світла з'ясувалося, що в оптичних явищах виявляється своєрідний дуалізм. Поряд з такими властивостями світла, які самим безпосереднім чином свідчать про його хвильову природу (інтерференція, дифракція) є й інші властивості, які настільки ж безпосередньо виявляють його корпускулярну природу (фотоефект, ефект Комптона).

Усвідомлюючи існуючу в природі симетрію і розвиваючи уявлення про двоїсту корпускулярно-хвильову природу світла, французький учений Луї де Бройль у 1924 році висунув гіпотезу про універсальний характер корпускулярно-хвильового дуалізму: не лише фотони, але й електрони і будь-які інші частинки матерії поряд з корпускулярними мають і хвильові властивості.

Згідно з де Бройлем, будь-який мікрооб'єкт можна описати, з одного боку, корпускулярними характеристиками – енергією E і імпульсом P, а з іншого – хвильовими характеристиками – частотою ν і довжиною хвилі λ. Формули, які пов'язують корпускулярні і хвильові властивості частинок, такі ж як і для фотонів:

$$E = h\nu; \;\; P = \frac{h}{\nu}.$$

Наведені формули постулювалися не лише для фотонів, але й для частинок яким притаманна маса спокою. Таким чином, будь-якій частинці з імпульсом P відповідає хвильовий процес з довжиною хвилі, яка визначається за формулою де Бройля:

$$\lambda = \frac{h}{P}.$$

У 1927 році гіпотезу де Бройля експериментально підтвердили американські фізики К. Девіссон і Л. Джермер, виявивши дифракцію електронів відбитих кристалічною ґраткою монокристалу нікелю.

2.1. Рух і взаємодія. Поняття руху, взаємозв'язку і взаємодії. Фізична, хімічна і біологічна форми руху матерії.

Питання структури і класифікації сучасного наукового знання справедливо вважаються одними з найважливіших загальнометодичних проблем. Серед цих проблем провідне місце займає класифікація форм руху матерії. Наукова класифікація форм руху є не лише відображенням досягнутого рівня знань про рух матеріальних об'єктів, але й, являючи собою певні методологічні принципи, слугує подальшому поглибленню пізнання багаточисельних і різноманітних змін реальної дійсності. Без пізнання форм руху неможливе усвідомлення поняття «матерії».

Форми руху матерії в доступному для спостережень Всесвіті дають підстави стверджувати, що вони знаходять втілення у принципах «всезагального зв'язку» і «мінливості (змінності)». Ці принципи були сформульовані на основі досліджень реально протікаючих процесів у Всесвіті і в результаті узагальнення конкретних даних природничих і суспільних наук. Всі ці дані свідчать що зв'язок і мінливість матеріальних об'єктів не ізольовані одне від одного – матеріальні тіла і явища у дійсності одночасно і взаємопов'язані, і мінливі, ця єдність носить всезагальний характер. Для того, щоб пізнати будь-яке явище, необхідно вивчити його зв'язки і прослідкувати його зміни. Явища можуть відноситися одне до одного таким чином, що наявність або зміна одного являє собою умову наявності або зміну іншого. Таке відношення є відношенням взаємозв'язку. Прикладом такого зв'язку явищ може слугувати обертання Землі навколо своєї осі і вертикальне відхилення падаючого на її поверхню тіла. Так тіло в своєму русі відхиляється зі сходу на захід, оскільки наша планета обертається із заходу на схід. Відомо також, що відхилення тіл відбуваються не лише у вертикальній по відношенню до поверхні Землі, але й у горизонтальній площинах. Тут також має місце відношення зв'язку. Оскільки прискорення Коріоліса спрямоване перпендикулярно до земної вісі, то відхилення в горизонтальній площині найбільші на

полюсах і відсутні на екваторі, а вертикальні відхилення змінюються у зворотному порядку.

Взаємозв'язки і їх зміни мають дуже велике значення в реальній дійсності, а також у процесі пізнання. Стан або тип взаємозв'язків у значній мірі характеризує властивості явищ. Наприклад, зв'язок частинок твердого тіла визначає його самостійну форму, її дотриманість незалежно від просторового розташування і багатьох інших властивостей цього тіла. Тип обміну речовин (тобто теж специфічний тип зв'язку) в кінцевому рахунку є визначальним по відношенню до інших властивостей живого організму. У живих організмах багаточисельні хімічні реакції, які складають обмін речовин, зв'язані строго визначеним порядком. Вони не лише чітко узгоджені в часі і просторі, але й весь порядок перебігу цих реакцій спрямований на постійне самозбереження, розвиток, самовідтворення всієї живої системи як цілого і пристосований до існування організму в конкретному зовнішньому середовищі.

Варто також мати на увазі ту обставину, що відношення між одними і тими ж явищами можуть бути як відношення ізольованості, так і відношення взаємозв'язку та за певних умов переходити одні в одних. Наприклад, за польоту до Місяця космічний апарат спочатку знаходиться в зоні притягання Землі, тобто в стані гравітаційного взаємозв'язку з нашою планетою, а з Місяцем такий взаємозв'язок практично відсутній. Кажучи точніше, на цьому етапі польоту він немає суттєвого значення, що фактично відповідає відношенню ізольованості. Через деякий проміжок часу взаємозв'язок із Землею зміниться ізольованістю, а з наближенням космічного апарата до Місяця, його ізольованість по відношенню до нього зміниться на взаємозв'язок з ним. За повернення апарата на Землю все буде відбуватися у зворотному порядку.

Поряд з цим варто зазначити, що зміна станів ізольованості взаємозв'язку між двома або кількома явищами можлива в один і той же час. Правда подібна зміна можлива лише за підходу до цих явищ з різних «точок зору» (систем відліку), що свідчить про «відносність» цих понять.

На підтвердження цього можна навести багато інших прикладів. Наприклад, замкнута механічна система є замкнутою, тобто ізольованою, з «точки зору» дії законів механіки. Проте по відношенню до впливу на неї немеханічних явищ вона цілком може виявитися взаємозв'язаною з ними. Живий організм, навпаки, являє собою відкриту систему, тобто систему взаємозв'язану з оточуючим середовищем. Але організм взаємопов'язаний лише з певними явищами в середовищі (в першу чергу з тими, що забезпечують можливість обміну речовиною і енергією). Ціла низка явищ середовища не викликає змін у тих чи тих живих організмах, не зумовлює їх існування і самі не змінюються під їх впливом. Отже, між організмом і явищами оточуючого середовища можливі як відношення взаємозв'язку, так і відношення ізольованості.

Сказане цілком відноситься й до області пізнання, у тому числі й до області наукового пізнання. У сучасній фізиці, наприклад, розглядаються замкнуті, тобто в певному смислі ізольовані, системи понять. Проте ізольованість таких систем існує лише, коли їх розглядати з певних позицій. За іншого підходу деякі системи понять виявляються взаємопов'язаними. Так одна з цих систем – механіка Ньютона – входить до іншої системи – квантової теорії – як граничний випадок, коли планківський квант дії можна вважати нескінченно малим.

Не дивлячись на те, що явища одночасно можуть бути як ізольовані, так і взаємопов'язані, значення цих видів відношень неоднакове. Не важко зрозуміти, що перший з названих видів відношень, а саме ізольованість, вельми відносний. Другий же вид відношень – взаємозв'язок – «абсолютний».

Щоб переконатися в цьому, повернемося до прикладу польоту космічного корабля до Місяця. Там мовилося, що на початку польоту апарат буде знаходитися в зоні притягання Землі, потім вийде з цієї зони і, нарешті, ввійде в зону притягання Місяця. Проте відомо, що притягання Землі, яке в багатьох випадках може бути вкрай слабким (адже воно обернено пропорційне квадрату відстані від Землі), але все ж не має меж. Крім того, сам Місяць знаходиться в стані

гравітаційного взаємозв'язку з Землею. Тому і для апарата, який вже знаходиться на Місяці, стан гравітаційної ізольованості із Землею буде досить відносним. Якщо ж взяти до уваги не лише сили тяжіння, то апарат виявиться зв'язаним з нашою планетою і в багатьох інших відношеннях (наявністю радіозв'язку, теле зв'язку, своїм походженням тощо).

З наведених прикладів випливає принаймні два висновки. Перший: явища можуть бути ізольованими у своїх відношеннях одне з одним лише безпосередньо і лише деякими своїми властивостями (якостями). Другий: в кінцевому рахунку (хоч би й опосередковано) явища завжди пов'язані між собою.

Неважко помітити, що в основі цих висновків лежить принцип матеріальної єдності світу. Адже лише матеріальність світу зумовлює всезагальний взаємозв'язок явищ, оскільки останні, виникаючи і змінюючись, належать цьому світу, а гинучи, народжують нові явища, які належать йому ж.

Варто звернути увагу на деяку спорідненість і відмінність часто вживаних понять «взаємозв'язок» і «взаємодія». Раніше відмічалося, що взаємний зв'язок всіх явищ матеріального світу неможливий без їх впливу одне на одного. Звідси випливає, що він неможливий без їх взаємодії. І хоча ці поняття дійсно дуже близькі, все ж за вживання першого зазвичай підкреслюється момент стійкості, а за вживання другого – момент мінливості. Можна сказати, що взаємодія є все загальною формою взаємозв'язку явищ дійсності, яка виражається в їх взаємній зміні. Іншими словами – кожен тип взаємозв'язку знаходиться в єдності зі своїм типом взаємодії.

Слід наголосити, що будь-який взаємозв'язок і будь-яка взаємодія проявляється у формі «руху» матеріальних об'єктів.

Отже, якщо під поняттям «руху» розуміти взаємний вплив матеріальних об'єктів один на одного, тобто їх взаємодію, то виникає необхідність визначити, що таке «зміст» руху, а що таке «форма» руху. До цих понять можна підійти з визначення руху «матерії» загалом, як зміни матеріальних об'єктів (у фізиці – фізичних тіл), які знаходяться у взаємодії. Тоді форма руху матерії буде визначатися як

організація стійких зв'язків між взаємодіючими матеріальними об'єктами (тілами). У свою чергу організація таких зв'язків визначається дією законів руху, адже саме закони являють собою вираження стійкої форми суттєвих і необхідних зв'язків.

Оскільки матеріальний світ невичерпний, то й форми руху об'єктів цього світу незчисленна множина. Але в русі, як і в інших явищах існує тісний зв'язок одиничного і загального. У різноманітті конкретних форм руху людина спроможна відшукати спільні риси, знайти реально існуючу спільність різних змін і визначити тим самим основні форми руху матерії. Натепер вважається, що для природи такими формами руху є механічні, фізичні, хімічні і біологічні процеси. Своєрідною формою руху виступають і зміни, які відбуваються в соціальних системах.

В наші дні фізика є наукою про загальні властивості і закони зміни неорганічних макроскопічних і космічних об'єктів, закони руху елементарних частинок і внутрішньоатомні процеси. Основу єдності реальних фізичних процесів складають закони збереження. Варто також мати на увазі, що пізнання «особливого» у фізичних процесах виражається в диференціації фізики, а пізнання «спільного» («загального») – в її інтеграції.

До основних форм руху матерії, як відмічалося, відносяться й хімічні процеси. За цього хімічну формулу руху матерії не можна розглядати не враховуючи її зв'язків з фізичними процесами.

Зв'язок фізичних і хімічних процесів, а точніше, зв'язок внутрішнього атомного електромагнітного руху з хімічними процесами видно вже з того, що дія основного закону хімічної форми руху – періодичного закону елементів – в першу чергу ґрунтується на послідовному заповненні електронних шарів і оболонок атомів. Здатність атомів вступати в хімічні сполуки і утворювати хімічні зв'язки безпосередньо визначається будовою їх зовнішніх електронних оболонок, що є предметом вивчення атомної фізики.

Зв'язок і навіть певна залежність хімічних явищ від фізичних процесів видно також в залежності періодичних властивостей елементів від заряду атомного ядра. Подібність у будові зовнішніх

електронних оболонок, а, отже, й періодичність хімічних властивостей елементів безпосередньо залежить від заряду ядра, що є достатньо точно встановленим сучасною наукою фактом. Збільшення заряду ядер атомів за переходу від одного хімічного елемента періодичної системи до другого пов'язане зі зростанням їх маси. Елементи з відносно малою масою володіють і малим зарядом ядра. Фізика не знає випадків, щоб ядро з великою масою мало малий заряд або ж ядро з малою масою мало б великий заряд. Таким чином, заряд ядра є важливою кількісною характеристикою маси ядра атома.

Із сказаного видно, що питання взаємозв'язку фізичних і хімічних процесів дуже тісно переплітається з однією із самих складних проблем класифікації і субординації форм руху матерії. Цю проблему часто називають проблемою «охоплення» хімічних процесів фізичною формою руху. Дійсно, якщо розглядати фізичні явища спочатку на рівні елементарних частинок, потім перейти до атомного ядра і далі – до внутрішньоатомних процесів, то на слідуючому етапі ми виявимося в області міжатомної взаємодії, тобто в області хімічних процесів (хімічної форми руху). Подальше просування вверх знову призведе у сферу фізичних змін. У цьому випадку ми переходимо до молекулярних фізичних процесів (тобто знову до фізичних форм руху). Наслідком даного аналізу є визнання молекулярно-фізичних процесів більш високою формою руху матерії, ніж хімічні перетворення. Отже, фізичні процеси являють собою фундамент над яким вибудовується хімічна форма руху матерії.

Біологічна форма руху матерії асоціюється з поняттям «життя». У свою чергу складність визначення поняття життя багато в чому пов'язане з труднощами, які виникають за відшукання специфічного матеріального носія біологічної форми руху матерії. Зрозуміло, що її загальним матеріальним носієм є будь-який живий організм. Але якщо виникає потреба назвати (виявити, виокремити) специфічний носій життя, тобто його «субстанцію», то виникає низка неоднозначних проблем.

На сучасному рівні розвитку науки прийнятим є визначення, згідно з яким життя (біологічна форма руху матерії) в його елементарний формі – це спосіб існування відкритих нуклеопротеїдних колоїдних систем, які містять в якості своїх обов'язкових елементів сполуки типу білків, нуклеїнових кислот і фосфорорганічних речовин, яким притаманні властивості саморегуляції, самовідтворення і розвитку на основі накопичення і перетворення речовини, енергії та інформації в процесі їх взаємодії з оточуючим середовищем.

Порівняно з відкритими системами неживої природи, у біологічної відкритої системи є своя суттєва специфіка. Вона полягає в тому, що за стаціонарного стану небіологічної відкритої системи загальної зміни ентропії не відбувається, тобто вона рівна нулю, то в біологічних відкритих системах загальна ентропія зменшується. Саме ця різниця між відкритими природними системами найбільш глибоко розкриває якісну специфіку живого.

Таким чином, біологічна форма руху матерії підкоряється особливим, якісно новим закономірностям, які неначе «накладаються» на фізико-хімічні закономірності. Проявляючись у біологічній формі руху в процесах терморегуляції живих організмів (перше начало термодинаміки), виникненні біопотенціалів (електрика), циркуляції крові та інших біорідин (механіка рідин), переміщенні живих організмів у просторі та скороченні м'язів (механіка), перебігу хімічних реакцій у клітинах живих організмів (хімія) та ін., фізична і хімічна форми руху матерії є її «фундаментом».

Загалом же все сказане є ще одним свідченням єдності матеріального світу, взаємозв'язку і взаємодії між матеріальними об'єктами і формами їх руху.

Фундаментальні взаємодії в природі

Орієнтуючись на нинішні тенденції щодо спрямування освітнього процесу на формування у суб'єктів навчання цілісного образу оточуючого світу, методисти все частіше звертають увагу на

розробку інтегративних підходів до побудови різних моделей навчальної діяльності.

Спираючись на системний підхід, «цілісний образ світу» у сучасній термінології втілюється у концепції «сучасної наукової картини світу», яка розглядається як платформа для інтеграційних процесів в освіті. Одним з визначень наукової картини світу (НКС) є її розуміння як найвищого рівня узагальнення і систематизації всієї сукупності знань, накопичених людством у процесі його історичного розвитку. Іншими словами, НКС можна розглядати як універсальну, складну, ієрархічну систему, яка, згідно системного аналізу, складається з підсистем і елементів – взаємозалежних і певним чином взаємодіючих між собою як у рамках конкретної підсистеми, так і з елементами інших підсистем.

Підсистемами універсальної НКС (УНКС) є загальнонаукові картини світу (ЗНКС), у яких акумулюються (об'єднуються) знання з наук (навчальних дисциплін) за спорідненими або близькими предметами дослідження (вивчення), наприклад: природничо-наукова картина світу (ПНКС), суспільно-політична картина світу (СПКС), геолого-географічна картина світу (ГГКС), мовно-демографічна картина світу (МДКС), інформаційно-синергетична картина світу (ІСКС) та ін. Можна вважати, що підсистеми УНКС, тобто ЗНКС, у свою чергу складаються з елементів – конкретно-наукових картин світу (КНКС), тобто картин світу конкретних наук (дисциплін). Наприклад, ПНКС складається з низки фізичних, біологічних, хімічних наук, у рамках яких формуються відповідно фізична, біологічна та хімічна картини світу.

Виокремимо з ПНКС один її елемент – фізичну картину світу (ФКС), і спробуємо представити спосіб інтегрованого вивчення матеріалу навчальних дисциплін, які є формою імплементації перерахованих вище фундаментальних наук в освітній процес підготовки майбутніх учителів природознавства, зокрема й фізики. Виклад матеріалу здійснюється шляхом формулювання проблем сучасної фізичної науки і можливих шляхів їх вирішення.

Аналіз програм цих навчальних дисциплін дозволяє сформулювати кілька методологічних концептів, які ми покладаємо в основу інтеграції відповідного матеріалу:

- існує об'єктивний фізичний світ до і незалежно від людини і її свідомості;
- сучасна фізична наука постулює наявність трьох якісно відмінних структурних рівнів світу фізичних елементів: мікро-, макро- і мегарівня;
- визнання схеми ієрархічної ступінчастої будови матерії, яка пов'язана з визнанням існування відносно самостійних і стійких рівнів, «вузлових точок» у ланцюзі ділення матерії; згідно з цією схемою дискретні об'єкти певного рівня матерії, вступаючи у специфічні взаємодії, слугують вихідними (початковими, первинними) для утворення і розвитку принципово нових типів об'єктів з іншими властивостями і формами взаємодії;
- у процесі еволюції число взаємопов'язаних рівнів матерії зростає, а її об'єкти стають все більш багаторівневими; об'єкти кожного наступного рівня виникають і розвиваються в результаті інтеграції (об'єднання) і диференціації певних множин об'єктів попереднього рівня;
- структура процесу пізнання не є незмінною – якісному різноманіттю природи повинне відповідати й різноманіття способів її пізнання;
- фізична теорія повинна містити в собі не лише засоби для опису поведінки пізнаваних об'єктів, але й засоби для опису умов пізнання;
- основою пізнання є експеримент – безпосередня матеріальна взаємодія між засобами дослідження суб'єкта і об'єктом.

Разом з цим намагаємося досягти усвідомлення студентами того факту, що в процесі руху по шляху пізнання світу все більше виникає питань і все важче на них відповідати. Так, наприклад, у неживій природі постійно відкриваються все нові і нові субатомні частинки, і багато деталей їх поведінки поки що залишаються незрозумілими.

Використовуючи методичні прийоми трансдисциплінарності щодо ознайомлення студентів з явищами у простих системах і взаємодіями, які їх супроводжують, виокремлюємо загальні правила, яким вони підкоряються, з'ясовуємо область їх застосовності та можливість їх екстраполяції на більш складні системи.

Інтегруючи таким чином навчальний матеріал з фізики, астрономії, астрофізики, космології, космогонії намагаємося сформувати у студентів уявлення про величезний і складний Всесвіт у вигляді сукупності невеликого числа елементарних частинок, які можуть взаємодіяти лише кількома способами і підкорятися невеликій кількості фундаментальних законів.

Таким матеріалом, який в тій чи тій мірі передбачається у циклі дисциплін фундаментальної підготовки (ФП) магістрів природознавства і дозволяє інтегративний підхід до його розгляду, є проблема створення сучасних теорій, які розкривають з позицій квантово-релятивістських уявлень сутність і основи єдності чотирьох основних фундаментальних взаємодій у природі. У порядку зростання їх інтенсивності ці взаємодії представляються наступним чином: гравітаційна, слабка, електромагнітна, сильна.

Сучасна наука вважає, що властивості матерії в масштабах від атомів до зірок визначаються цими взаємодіями, що саме ці взаємодії в кінцевому рахунку відповідають за всі зміни в природі, саме вони є джерелом всіх перетворень матеріальних тіл і процесів. Теоретична і експериментальна розробка цієї проблематики на даний час є переднім краєм фундаментальної науки.

Проблема інтеграції наук і їх імплементації у навчальні дисципліни не є зовсім новою. Давно вже склалися такі науки як астрофізика, біофізика, фізична хімія, агрофізика, біомеханіка та ін., а відповідні навчальні предмети твердо посіли свої місця в навчальних планах і логічно вписалися в систему підготовки відповідних спеціалістів. Проте, проблеми пошуку шляхів методико-методологічного удосконалення змісту навчання що у ЗВО, що у. школах відносяться до таких, які постійно залишаються актуальними, насамперед у зв'язку з постійним накопиченням нової інформації і

динамікою змін соціального досвіду, які і є глобальним джерелом змісту освіти.

За сучасних умов багатоканальності інформації особливого значення набуває інтегративний зміст підручників з точних (фундаментальних) наук, у яких має відображатися освітня галузь «Природознавство». Із пасивного носія інформації такий підручник перетворюються в активну дидактичну систему, яка сприяє формуванню природничо-наукового стилю мислення, специфічної термінології, уніфікованих наукових конструкцій та забезпечує студенту можливість самоконтролю набутих знань.

Розробці загальних питань інтеграційних процесів в освіті, і зокрема у природничо-науковій, присвячені роботи як вітчизняних (С. Гончаренко, К. Гуз, В. Ільченко, О. Ляшенко, М. Мартинюк), так і зарубіжних (І. Александрова, А. Гуревич, В. Разумовський) педагогів. Теорію і практику наповнення структурних побудов шкільних курсів фізики і астрономії розробляли О. Бугайов, С. Гончаренко, Ю. Дік, І. Климишин, К. Краєвич, І. Крячко, М. Мартинюк, Л. Резніков та ін.

Концептуальні основи інтеграції змісту природничо-наукової освіти представлені в роботах М. Арцишевської, Т. Засєкіної, В. Ільченко, К. Гуз, М. Мартинюка, А. Суханова, О. Голубєвої та ін.

Методико-методологічні засади впровадження моделей інтегрованого навчання на даний час розробляються М. Арцишевською, Ю. Бекетовим, М. Мартинюком.

Проблемам методичного забезпечення системи інтегрованого навчання (зокрема змісту відповідних підручників) присвячені роботи Т. Засєкіної, В. Ільченко, К. Гуз, Т. Типовця.

Сучасна освіта орієнтується на комплексні підходи щодо організації діяльності всіх її ланок – інформаційний, синергетичний, системний. За цього вважається, що однією з найважливіших засад, провідною тенденцією подальшого розвитку освіти і ядром її інтеграції має стати формування сучасної НКС. Оскільки лише на цій основі можливе науково обґрунтоване моделювання змісту сучасної освіти, то ця вимога висуває насамперед потребу у науково-теоретичній розробці структури самої НКС.

Ці проблеми знаходять своє відображення у дослідженнях низки вчених педагогів, філософів, суспільствознавців тощо. До таких досліджень можна віднести роботи А. Аверьянова, Р. Арцишевського, Т. Шоломицької, В. Литавар, Г. Рузавіна. У цих роботах розкриваються системний аналіз, синергетичний та інформаційний підходи і їх інтеграція в процесі формування ПНКС.

У представленому матеріалі робиться спроба продемонструвати можливість інтеграції навчального матеріалу з циклу фундаментальних дисциплін на прикладі формування і розвитку теорій фундаментальних взаємодій у природі та їх об'єднання в єдину НКС.

Оскільки єдність, яка виявляється за системно-інтегративного підходу до науки полягає у встановленні зв'язків і відношень між різними за складністю організації, рівнем пізнання і цілісністю охоплення концептуальними системами, за допомогою яких саме й відображається накопичення і розвиток нашого знання про природу у формі НКС, то саме такий підхід пропонується для вивчення даної проблематики. Він полягає в аналізі і узагальненні результатів відповідних публікацій у науково-педагогічних виданнях та авторських наробок з експериментального їх впровадження в освітню практику. Логіка викладу матеріалу передбачає послідовність виконання таких дій:

- обґрунтувати системно-інтегративний підхід до вивчення матеріалу про фундаментальні взаємодії в природі;
- сформулювати концептуальні засади, на яких ґрунтуються сучасні уявлення про структуру і єдність Всесвіту;
- описати якісну характеристику фундаментальних взаємодій між структурними елементами матеріального світу;
- здійснити напівкількісний порівняльний аналіз фундаментальних взаємодій та з'ясувати вплив можливих змін числових значень констант, які їх описують, на еволюцію Всесвіту;
- здійснити якісний огляд процесу формування та сучасного стану теорій, які намагаються об'єднати всі фундаментальні взаємодії в єдину систему (НКС).

Створення теоретичних моделей об'єднання фундаментальних взаємодій базується на пошуках їх спільної сутності. З'ясувалося, що спільним для них є наявність певного посередника, через який передається відповідна взаємодія, – «поля». З розвитком квантової механіки, у світлі квантово-хвильового дуалізму будь яке силове поле не є неперервним, а має дискретну структуру. Тобто, кожному полю мають відповідати певні частинки – кванти цього поля, а до багатьох теорій, які описують ці поля (взаємодії), входять так звані фундаментальні («світові константи»), числові значення яких відображають структурність теперішнього стану Всесвіту.

Вивчення конкретних властивостей та закономірностей цих полів і частинок – носіїв фундаментальних взаємодій – складає основне завдання сучасних наук природничого циклу.

У процесі викладання відповідного матеріалу конкретних навчальних дисциплін названого циклу, спочатку робимо якісний огляд теорій, що описують фундаментальні взаємодії, і намагаємося надавати йому інтегративного характеру.

Наприклад, за розгляду гравітаційної взаємодії (як у фізиці, так і в астрономії, астрофізиці тощо) звертається увага на її особливості – малу інтенсивність і універсальність. Перша особливість підкріплюється порівнянням, що гравітаційна взаємодія приблизно в 10^{39} разів менша від сили взаємодії електричних зарядів. Тобто, якщо б розміри атома водню визначалися гравітацією, а не взаємодією між електричними зарядами, то радіус найближчої до ядра орбіти електрона перевершував би радіус доступної для спостереження частини Всесвіту – 10^{26} м.

Універсальність же гравітації виявляється в тому, що вона є далекодіючою силою природи. Це означає, що хоч інтенсивність гравітаційної взаємодії зменшується з відстанню (пропорційно $1/r^2$), вона поширюється в просторі і може відчуватися на досить віддалених від джерела тілах. В астрономічному масштабі гравітаційна взаємодія відіграє вирішальну роль. Завдяки далекодії гравітація забезпечує цілісність Всесвіту: вона утримує планети на

орбітах, зорі в галактиках, галактики в скупченнях, скупчення в Метагалактиці ...

Що ж до природи гравітаційної взаємодії, то поки що послідовної квантової теорії гравітації не створено. Проте, згідно із загальними сучасними теоретико-фізичними уявленнями гравітаційна взаємодія має підкорятися квантовим законам, як і інші взаємодії. Тобто, їй має відповідати гравітаційне поле з квантом гравітації – «гравітоном» (нейтральною частинкою з відсутністю маси спокою і спіном, рівним 2).

Квантування гравітації підводить до уявлення про дискретність властивостей простору-часу, понять елементарної довжини (кванта простору $r \approx 10^{-35}$ *м*) і елементарного часового інтервалу (кванта часу $t \approx 10^{-44}$ *с*).

За розгляду електромагнітної взаємодії теж звертаємо увагу на її специфіку. За величиною електричні сили набагато перевершують гравітаційні, тому, коли вони діють між тілами навіть звичайних розмірів, їх можна легко виявити і вивчати. Тривалий час електричні і магнітні явища розглядалися і вивчалися незалежно. І лише в середині XIX ст., як відомо, Дж. К. Максвелл об'єднав вчення про електрику і магнетизм у єдину теорію електромагнітного поля.

Електромагнітна взаємодія відрізняється від гравітаційної ще й тим, що коли всі матеріальні частинки створюють гравітаційне поле, то з електромагнітним полем зв'язані переважно заряджені частинки. Як і електричні заряди, однойменні магнітні полюси відштовхуються, а різнойменні –притягуються. Проте, на відміну від електричних зарядів магнітні полюси зустрічаються не окремо, а парами – «північний» полюс, «південний» полюс. Можливість існування окремого магнітного полюса – «монополя» – це ще одна загадка природи.

Електромагнітна взаємодія (як і гравітаційна) – далекодіюча; як і гравітація

– підкоряється закону $1/r^2$. Вона проявляється на всіх рівнях матерії – в мегасвіті, макросвіті і мікросвіті. (Тут доречно ведеться мова про магнітне поле Землі, яке простягається далеко в космічний простір;

про потужне магнітне поле Сонця, яке заповнює всю Сонячну систему; про галактичні електромагнітні поля тощо).

У той же час електромагнітна взаємодія визначає структуру атомів і молекул. Вона відповідає за переважну більшість фізичних і хімічних явищ і процесів: сили пружності, сили тертя, поверхневого натягу, властивості агрегатних станів речовини, хімічних перетворень, оптичні явища, явища йонізації, багато реакцій (перетворень) у світі елементарних частинок та ін.

Саме такі властивості електромагнітної взаємодії дозволяють розкривати інтегративний зміст відповідного навчального матеріалу у програмах навчальних дисциплін фундаментального циклу.

Порівняно важко і повільно складалися уявлення про слабку взаємодію. Слабка взаємодія проявляє себе у процесах взаємоперетворень та розпаду елементарних частинок. З цим явищем зіткнулися за відкриття радіоактивності і дослідження бета-розпаду. У бета-розпаду виявилася дуже дивна особливість. Створювалося враження, що за цього розпаду неначе порушується закон збереження енергії, що частина енергії «кудись зникає». Не сумніваючись у фундаментальності закону збереження енергії, В. Паулі висунув припущення, що у процесі бета-розпаду разом з електроном вилітає ще одна частинка, яка й «виносить» з собою недостаючу в розрахунках енергію. Ця частинка нейтральна і має надзвичайно високу проникну здатність, завдяки чому її не вдавалося спостерігати (виявити). Е. Фермі назвав цю частинку «нейтрино» («нейтрончик»).

Якщо така частинка дійсно існує, то необхідно було з'ясувати її загадкову природу. Справа в тому, що електрони і нейтрино випромінюються нестабільними ядрами, у той час, як було відомо, що у ядрах таких частинок немає. Як же вони виникали? Виявилося, що нейтрони в нестабільних ядрах, опинившись самі по собі, через кілька хвилин розпадаються на протон, електрон і нейтрино. Виникло питання, які ж сили відповідальні за такий розпад? У процесі подальших розрахунків з'ясувалося, що відомі на той час сили викликати такий розпад нездатні. Припустили, що бета-розпад

спонукається якоюсь новою, невідомою силою, якій і відповідає певна «слабка взаємодія».

Слабка взаємодія значно менша за величиною від інших взаємодій (крім гравітаційної). Крім того, радіус слабкої взаємодії дуже малий ($\sim 10^{-18}$ *м*). Тому вона не може впливати не лише на макроскопічні, але навіть й на атомні об'єкти, обмежуючись субатомними частинками.

У слабкій взаємодії беруть участь всі елементарні частинки, крім фотонів. Вважається, що переносниками слабкої взаємодії є «віони» – це частинки з масою, приблизно у 100 разів більшою від маси протона і нейтрона. Про їх відкриття було повідомлено у 1983 році.

Інтегративний зміст матеріалу про слабку взаємодію полягає в тому, що вона відіграє в природі дуже важливу роль. Вона є складовою частиною термоядерних реакцій на Сонці, у зорях, забезпечує синтез пульсарів, вибухів наднових зірок, синтез хімічних елементів у зірках тощо. А ці питання розглядаються як у фізиці, так і в астрономії, астрофізиці, хімії тощо.

Щодо уявлень про існування сильної взаємодії наука наближалася у процесі вивчення структури атомного ядра. Необхідно було з'ясувати природу сили, яка здатна утримувати позитивно заряджені протони у ядрі, не даючи їм можливості «розлітатися» під дією електростатичного відштовхування. На такому рівні гравітація надто слабка щоб це забезпечити; очевидно, що для цього необхідна якась інша взаємодія, причому сильніша й за електромагнітну. Зрештою така взаємодія була виявлена і отримала назву «сильної взаємодії».

З'ясувалося, що хоча за своєю величиною сильна взаємодія суттєво перевершує решту фундаментальних взаємодій, за межами ядра вона не відчувається, а проявляється лише на відстані сумірній з розмірами атомного ядра, приблизно 10^{-15} *м*. Основна функція сильної взаємодії в природі – створення міцного зв'язку між нуклонами в ядрах атомів. За цього зіткнення ядер або нуклонів значних енергій призводить до різноманітних ядерних реакцій, у тому

числі й реакції термоядерного синтезу (за суттєвої участі й слабкої взаємодії) на Сонці, яка є основним джерелом енергії на Землі.

Після такого якісного аналізу основних фундаментальних взаємодій подаємо порівняння кількісних параметрів (відповідних констант), якими вони описуються.

Процес пізнання полягає в узагальненні дійсності, тому метою науки є пошук єдності у природі, синтезі розрізнених фрагментів знання у єдину картину - НКС.

Яка ж роль фундаментальних взаємодій і значення їх констант у сучасному розумінні структури Всесвіту і його еволюції?

Переважна більшість фізичних констант мають розмірності, які залежать від вибору системи одиниць відліку. У різних системах відліку основні одиниці мають різні числові значення і розмірності. Такий стан не завжди влаштовує науку, оскільки зручніше мати безрозмірні константи, які не пов'язані з умовним вибором вихідних одиниць і систем відліку. Особливо важливої ролі такий підхід набуває за спроб створити загальний (цілісний) теоретичний опис всіх фізичних процесів, тобто, іншими словами, сформулювати уніфіковану (універсальну) НКС від Мікро- до Мегарівня. Виявляється, що тут основну, визначальну роль повинні відігравати безрозмірні фундаментальні, тобто «істинно» світові, константи:

- константа гравітаційної взаємодії

$$\alpha_g = \frac{Gm_p^2}{\hbar c} \approx 5{,}8 \cdot 10^{-39};$$

- константа слабкої взаємодії

$$\alpha_w = \frac{g_F m_p^2 c}{\hbar^3} \approx 10^{-5},$$

де $g_F \approx 10^{-62}$Дж · с – константа Фермі;

- константа електромагнітної взаємодії

$$\alpha_e = \frac{e^2}{\hbar^2 c} \approx \frac{1}{137{,}036} \approx 7.3 \cdot 10^{-3};$$

- константа сильної взаємодії

$$\alpha_s = \frac{g_s}{\hbar c} \approx 1,$$

де g_s - кольоровий заряд.

У цих формулах: e – заряд електрона; c – швидкість світла; m_p – маса протона; $\hbar$ – зведена стала Планка ($\hbar = h/2\pi$); G – гравітаційна стала; індекс «*s*» від англійського слова «strong» – сильний; індекс «*w*» від англійського слова «weak» – слабкий.

Структурність матерії проявляється в її системній організації, існуванні у вигляді множини ієрархічно взаємопов'язаних систем: Метагалактика (Всесвіт), окрема галактика, зоряна система, планета, окремі тіла, молекули, атоми, елементарні та субелементарні частинки.

За умови все глибшого проникнення в таємниці будови Всесвіту від елементарних частинок до галактик, учені не перестають дивуватися настільки точно «підібраним» значенням фундаментальних сталих, дивному збігові низки чисел, які є комбінацією з цих фундаментальних сталих, так званому «тонкому налаштуванню» Всесвіту. У зв'язку з цим і в теоретиків, і в експериментаторів виникає питання методологічного значення: «А що було б у природі (Всесвіті) якби реалізувалася інша послідовність числових значень світових констант?».

Теоретичні розрахунки показують, що за зміни числових значень констант цих взаємодій буде відбуватися порушення стійкості одного або й декількох структурних елементів Всесвіту. Так, наприклад, збільшення маси електрона m_e у межах від *0,5 МеВ* до *0,9 МеВ* порушить енергетичний баланс у реакції утворення дейтерію в сонячному циклі і призведе до дестабілізації стійкості атомів і ізотопів. Зменшення α_s на 4% призвело б до нестабільності дейтерію, а збільшення її значення означало б вигорання водню вже на ранніх стадіях еволюції Всесвіту. Константі α_e «дозволено» змінюватися лише в межах $1/170 < \alpha_s < 1/80$. Інші ж її значення означають неможливість необхідного відштовхування протонів у ядрах, що призвело б до нестабільності атомів. Збільшення α_wпризвело б до зменшення часу життя вільних нейтронів. Це означає, що на ранній стадії еволюції Всесвіту гелій не утворювався б і не було б реакції злиття α-частинок у процесі синтезу вуглецю C^{12}.

Тоді на місці нашого вуглецевого Всесвіту був би Всесвіт водневий. Зменшення ж значення α_w призвело б до того, що всі протони виявилися б зв'язаними в α-частинки, що створило б гелієвий Всесвіт.

Виявляється, що інтервал можливих значень цих констант, який забезпечує для нас світ, придатний для життя, дуже малий. Зокрема, вченими прораховано, що послаблення на кілька порядків константи сильних взаємодій призвело б до того, що на ранніх стадіях розширення Всесвіту утворювалися б, в основному лише важкі елементи, і у Всесвіті не було б джерел енергії. Якби на кілька порядків була меншою гравітаційна взаємодія, то не реалізувалися б умови для перебігу ядерних реакцій у зорях (через неможливість необхідного для цього процесу їх гравітаційного стиснення). Посилення слабких взаємодій перетворило б на ранніх стадіях еволюції Всесвіту всю речовину в гелій, а отже, знову ж таки були б відсутні реакції термоядерного синтезу в зорях. Посилення на кілька порядків електромагнітної взаємодії призвело б до зростання електростатичного притягання між електронами і протонами, в результаті чого електрони поглинулися б ядрами атомів, що призвело б до неможливості хімічних перетворень і реакцій.

Залежність властивостей Всесвіту від значень світових констант демонструємо ще й на таких прикладах. Якщо б маса електрона була у 3-4 рази більшою від нинішнього її значення, то час існування нейтрального атома водню обчислювався б кількома днями. А це призвело б до того, що галактики і зорі складалися б переважно із нейтронів, тож різноманіття атомів і молекул у їх сучасному вигляді просто не існувало б.

Розрахунки показують, що сучасна структура Всесвіту дуже жорстко зумовлена величиною $\Delta m = m_n - m_p$, тобто різницею в масах нейтрона і протона. І хоч ця різниця дуже мала (всього біля 10^{-3} маси протона), проте, якби вона була лише утричі більшою, то у Всесвіті не відбувався б нуклеосинтез і в ньому не було б складних елементів.

Константа електромагнітної взаємодії також не може суттєво відхилятися від значення 1/137. Якби, наприклад, вона була рівна

1/80, то всі частинки, які мають масу спокою, анігілювали б і Всесвіт складався б лише з безмасових частинок (на зразок фотонів). Тому їй і «дозволено» мати значення лише в межах $1/170 < \alpha_e < 1/80$.

Що ж до зміни константи гравітаційної взаємодії – зменшення її значення на 8-10 % показує, що галактики і зорі взагалі не встигли б виникнути до нашого часу; збільшення ж її значення на 8-10 % навпаки – означає надто швидку еволюцію зірок.

Таким чином, «класичні» розмірні фундаментальні сталі відіграють визначальну роль у структурі окремих фізичних теорій. З них формуються «світові» безрозмірні константи єдиної теорії взаємодій – α_g, α_w, α_e, α_s. Ці константи, а також деякі інші величини (наприклад: e, m_e, m_p, Δm, e/m_e), а також розмірність простору N визначають структуру Всесвіту і його властивості.

Зокрема, теоретично доведено, що у просторі N вимірів точкові джерела взаємодіють з силою $F \approx 1/r^{N-1}$, де r – відстань між джерелами. За цього стабільний рух двох тіл, що взаємодіють за цим законом, вже стане неможливим за значень $N > 3$. Ще у 20-ті роки XX ст. П. Еренфест показав, що якби число просторових координат N дорівнювало чотирьом, то не змогли б сформуватися замкнуті орбіти планет, а , отже, не існувало б Сонячної системи й людини. За значень $N = 4$ неможливою також була б атомна структура речовини. За значень $N < 2$ рух можливий лише в обмеженій області. Лише за $N = 3$ можливі як фінітні, так і інфінітні рухи, що власне й реалізується у спостережуваному Всесвіті. Нарешті, можна ще відзначити, що якби початкова швидкість розширення Всесвіту була б хоч на 0,1% меншою від критичної швидкості розширення, то Всесвіт досяг би лише третини свого теперішнього радіуса, після чого він знову почав би стискатися.

Відповіді ж на питання, яка ж структура і властивості Всесвіту, криються у теоріях, які намагаються об’єднати в єдиний механізм всі чотири фундаментальні взаємодії.

У другій половині XX ст. проводилися інтенсивні пошуки можливого об’єднання електромагнітної, слабкої і сильної фундаментальних взаємодій. У результаті експериментальних

досліджень взаємодій елементарних частинок на надпотужних прискорювачах було виявлено, що за великих енергій зіткнення протонів – біля 100 $ГеВ$ – слабка і електромагнітна взаємодії не розрізняються – їх можна розглядати як єдину електрослабку взаємодію. Таку електрослабку взаємодію було теоретично передбачено американськими фізиками С. Вайнбергом і Ш. Глешоу та пакистанським фізиком А. Саламом, за що вони були удостоєні Нобелівської премії з фізики у 1979 році. У відповідності з цією теорією за електорослабку взаємодію відповідають частинки – кванти електрослабкого поля – бозони $W^{\pm}$ і Z^0. Підтвердження ця теорія отримала, коли у 1983 році К. Руббіа і С. ван дер Меєром ці частинки були виявлені експериментально (Нобелівська премія з фізики 1984 року). Суттєвої подальшої розробки теорія електрослабкої взаємодії отримала в працях нідерландських вчених Г. Хуфта (Хоофта) і М. Вельтмана (Нобелівська премія з фізики 1999 року).

Після того, як була створена єдина теорія електорослабкої взаємодії, з'явилася реальна перспектива побудови теорії трьох (крім гравітаційної) взаємодій. Ця програма отримала назву «Великого об'єднання». Для цього потрібна була детальна розробка теорії сильної взаємодії. Створенню цієї теорії слугував той факт, що, як виявилося, протони і нейтрони в ядрах атомів у свою чергу складаються ще з менших частинок – «кварків» (М. Гелл-Манн, Нобелівська премія з фізики 1969 року). Тому дослідження перемістилися в область вивчення взаємодій між кварками і нуклонами. Виявилося, що взаємодія між нейтронами і протонами у ядрі являє собою залишковий ефект від більш потужної взаємодії між самими кварками. Це пояснило, чому сильна взаємодія є такою складною і чому кварки у вільному стані не спостерігаються. Коли протон «прилипає» до нейтрона або до іншого протона, то у взаємодії беруть участь 6 кварків, кожен з яких взаємодіє зі всіма рештою. Значна енергія цієї взаємодії витрачається на міцне «склеювання» кварків у дві трійки, а невелика решта енергії йде на скріплення цих трійок між собою. Отже, кварки скріплюються між собою внаслідок сильної взаємодії. Переносниками (квантами) останньої є «глюони»

(від англ. *glue* – клей) («кольорові» заряди). Область фізики елементарних частинок, яка вивчає взаємодію кварків і глюонів, носить назву квантової хромодинаміки. Тож у відповідності з квантовою хромодинамікою сильна взаємодія пов'язується з існуванням квантів міжнуклонного поля – глюонів. Деякі автори глюонну взаємодію вважають п'ятою фундаментальною взаємодією.

У подальших дослідженнях виявилося, що за енергії $10^{14} – 10^{16}$ *ГеВ*, яка відповідає відстані між частинками 10^{-31} *м*, сильна, слабка і електромагнітна взаємодії описуються єдиною константою, тобто вони мають спільну природу. Кварки і лептони за цього практично не розрізняються, а глюони, фотони і векторні бозони $W^{\pm}$ і Z^0 є квантами калібрувальних полів з єдиною калібрувальною симетрією. І якщо дійсно електрослабка і сильна взаємодії являють собою лише дві сторони Великої єдиної взаємодії, то їй також повинне відповідати калібрувальне поле з деякою складною симетрією. Термін «складна» означає, що вона має бути достатньо загальною, здатною охопити всі калібрувальні симетрії, які містяться як у квантовій хромодинаміці, так і в електрослабкій взаємодії. Мова йде про необхідність залучення абстрактних калібрувальних симетрій, через які відкриваються нові типи силових полів, що характеризуються новими властивостями, наприклад, здатністю перетворювати кварки в лептони.

Вважається, що глюони з'єднують і утримують кварки всередині протонів і ядер. Ні глюонів, ні кварків безпосередньо спостерігати поки що не вдавалось, тому що їм «заборонено» вилітати із ядер назовні, подібно як фонони – кванти теплових коливань кристалічної гратки – існують лише всередині твердих тіл. Ця властивість зв'язування, або утримання глюонів і кварків в адронах називається «конфайментом». Було помічено, що одиничний кварк, який з'являвся за певних процесів, майже миттєво (протягом $10^{-21}c$) «прилаштовує» себе до адрона і вилетіти з нього вже не може.

У 1969 р. вдалося отримати опосередковані докази існування кварків у серії експериментів (подібних до експериментів Резерфорда по розсіюванню α- частинок на ядрах атомів) по розсіюванню

електронів (розігнаних до високих енергій) на протонах. Експеримент виявив, що розсіювання електронів відбувалося так, неначе електрони налітали на крихітні тверді вкраплення і відскакували від них під найрізноманітнішими кутами. Таким чином було висловлене впевнення, що цими «твердими» вкрапленнями в середині протонів є кварки. Але оскільки з часом кількість кварків зростала, деякі вчені почали висувати сумніви: чи не складаються самі кварки з ще менших частинок?

«Старе» питання знову стало «новим» і поставило низку проблем перед дослідниками: що таке частинка і яке співвідношення між реальними і віртуальними її станами? коли частинка починає проявляти властивості хвилі, і чи можна зареєструвати цей момент сучасними приладами?

Розроблений натепер найпростіший варіант теорії Великого об'єднання для перетворення кварків у лептони вимагає наявності 24-х полів. Причому, 12 квантів цих полів уже відомі: фотон, дві $W^{\pm}$-частинки, Z^0-частинка і вісім глюонів. У якості решти 12-ти квантів теорією передбачаються нові надважкі проміжні бозони, яким присвоїли об'єднану назву X- і Y-частинки – вони мають «колір» і електричний заряд. Ці кванти відповідають полям, які підтримують більш широку калібрувальну симетрію і здатні «перемішувати» кварки з лептонами. Тобто, X- і Y-частинки можуть перетворювати кварки в лептони і навпаки.

Таким чином, нова теорія породила нові проблеми: для переконання в можливості таких взаємодій, а отже й у справедливості теорії Великого об'єднання, необхідне експериментальне підтвердження наявності у природі X- і Y-бозонів. На даний час важко передбачити найближчу можливість одержання частинок таких високих енергій. Сучасні прискорювачі ледь досягають енергії 100-200 $ГеВ$ (після реконструкції Великого адронного колайдера у 2022 році планується довести його енергетичну потужність до $14\text{-}10^{12} eB$) у той час як теорія Великого об'єднання вимагає енергії частинок вище $10^{14}\text{-}10^{16}$ $ГеВ$.

Без експериментальної доказовості теорії Великого об'єднання неможливо описати ранню стадію еволюції Всесвіту, коли температура первинної плазми сягала 10^{27} К, адже саме за таких умов могли народжуватися й анігілювати надважкі бозони X і Y.

Але об'єднання трьох із чотирьох фундаментальних взаємодій – це ще не цілісна всеохоплююча теорія. Адже залишається ще гравітація. Теоретичні схеми, в рамках яких об'єднуються всі чотири типи взаємодій, називаються моделями «Супергравітації».

Об'єднання взаємодій у єдиній теоретичній схемі необхідне для усунення наявних в окремих теоріях розбіжностей і аномалій. Цю проблему породило визначення частинок як точок і спотворення ними простору-часу. Тому таке об'єднання стали шукати з висуненням ідей і теорій більш високих симетрій. Одну з таких теорій – «теорію суперструн» – почали розвивати англійський учений М. Грін і американський – Дж. Шварц. Вони співставили частинкам замість точок одномірну струну, розміщену у N-мірному просторі. Ця теорія, замінивши точкові частинки крихітними енергетичними петлями, усунула низку абсурдних результатів, які виникали в розрахунках. Проте, ці теорії, як виявляється, теж вимагають наявності певного тонкого налаштування. Хоча ландшафт теорії струн одночасно задає весь набір фізичних констант, у тому числі й характеристик елементарних частинок, однак існує проблема вибору і обґрунтування вибору саме того ландшафту, який повністю описуватиме наш Всесвіт. Ця проблема отримала назву «проблеми ландшафту».

Відповідно до теорії суперструн, фундаментальним об'єктом сучасної фізики є квантоване суперструнне поле, збудженнями якого є суперструни, що взаємодіють одна з одною і з вакуумом (виникають і поглинаються в ньому). Струни, у свою чергу, породжують елементарні частинки. Фізичний вакуум породжує віртуальні частинки, які своєю масою створюють додаткове поле тяжіння. Згідно із ЗТВ у цьому ж місці і в той же момент часу змінюються геометричні властивості простору-часу, тобто він флуктуює. Згідно з цією моделлю – гравітон – це квант флуктуючого простору-часу,

який поєднує в собі і частинку і хвилю викривлення, яка поширюється у чотирьохмірному просторі Всесвіту. Розрахунки показують, що такі ефекти могли проявлятися у ранні моменти існування Всесвіту, коли простір-час був дискретним, квантованим, що відповідає параметрам «ери Планка»: відстані $l = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} \approx 1{,}5 \cdot 10^{-35}$ *м;* часові $t = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}} \approx 5 \cdot 10^{-44} c$; масі $m = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}} \approx 2 \cdot 10^{-8}$ *кг.*

Отже, у моделі суперструн в якості елементарної основи Всесвіту слугують уже не фундаментальні частинки, а елементарні процеси – коливання нескінченно довгих струн з надзвичайно малим розміром поперечного діаметра струни. За оцінками теоретиків товщина струни складає 10^{-31} *м*, а її «погонна маса» (маса, яка припадає на одиницю довжини) дорівнює 10^{21} *кг/м*, тобто такі нескінченно протяжні об'єкти є надто тонкими і дуже важкими. За цього можуть виникати резонанси коливань різних струн, вихори у просторі, що пов'язуються з певною ритмікою Космосу, циклічними процесами у Всесвіті, які впливають на всі процеси на Землі.

Такий збіг предмета досліджень змінило сформовану раніше методологію науки. Так, астрономія вважалася спостережною наукою, а прискорювачі – інструментом у фізиці елементарних частинок. Тепер же стали складатися уявлення про властивості частинок і їх взаємодії у космології.

Це незвичайне зближення космології і фізики елементарних частинок дало можливість з'ясувати сутність процесів народження простору-часу і речовини за короткий інтервал часу від 10^{-43} до $10^{-35} c$ після первинної сингулярності, що отримала назву Великий вибух.

Космічні струни – це екзотичні невидимі утворення, які породжені теорією елементарних частинок. У цій теорії відображена ієрархічність розуміння світу, тобто, можливість того, що не існує остаточної (кінцевої) основи для фізичної реальності, а є лише нескінченна послідовність все менших і менших частинок.

На основі теорії суперструн можна пояснити «клочкуватість» розподілу речовини у Всесвіті. Суперструни – це «нитки», які

залишилися від речовини щойно «народженого» Всесвіту. Вони неймовірно рухливі і щільні, викривлюють простір навколо себе, утворюють клубки і петлі. Зокрема, масивні петлі можуть створювати гравітаційне притягання, достатньо сильне, щоб зароджувалися елементарні частинки, атоми, галактики і скупчення галактик.

Теорія суперструн призводить до деяких нетривіальних наслідків. Так, серед породжених струнами елементарних частинок, повинні бути гіпотетичні частинки «тахіони», що рухаються зі швидкостями більшими за швидкість світла. Наслідком цієї теорії є також пояснення «тіньового світу», тобто відкритого астрономами факту, що галактики і скупчення галактик містять велику масу невидимої речовини, яка в десятки разів перевершує масу самих галактик. Одним з важливих космологічних наслідків теорії суперструн є також передбачення множинності всесвітів, у кожному з яких існує свій набір фундаментальних взаємодій.

З теорії космічних струн (суперструн) опубліковано багато робіт, але самі вони до цих пір експериментально не виявлені. Виявити суперструни вважається можливим за викривленням простору, яке вони викликають, діючи як гравітаційна лінза, або за гравітаційними хвилями, які вони генерують.

У зв'язку з теорією «Єдиного фізичного поля» розглядається й можливість існування кванта цього єдиного просторово-часового поля. Цей квант позначають буквами *st* і називають («space-time») – квантом: st= $\hbar^2 G/c^7 \approx 10^{-138} м^3 \cdot c^{-1}$. Якщо *st* -квант дійсно існує, то це призводить до цікавих висновків: у «об'ємі» *st*-кванта порушуються причинно-наслідкові зв'язки. Події, які відбуваються в *st*-кванті, можуть бути розтягнуті в часі, але стиснуті в просторі і навпаки. На рівні *st*-кванта простір-час постійно «творить» сам себе із змінюваними в кожному акті творення топологією, фізичними властивостями і законами з причини невизначеності самого простору-часу. Такі спонтанні флуктуації простору-часу можуть призводити до порушення закону збереження енергії. Висловлюються думки, що в ці особливі моменти, мабуть, і відбувся Великий вибух, і що може існувати безліч віртуальних Всесвітів.

Гіпотеза про квантування простору-часу призвела до наступного припущення про існування «комірок» простору-часу з мінімально можливою довжиною, що дорівнює $l_П$ (довжині Планка). Згідно з цією гіпотезою ступінь впливу квантування простору на поширення крізь нього світла, залежить від розмірів комірки. Спостереження за надпотужним спалахом одного з пульсарів (розташованого на відстані 300 мільйонів світлових років від Землі) за допомогою європейського космічного телескопу «Integral» показали, що якщо «зернистість» (дискретність) простору взагалі існує, то вона повинна бути на рівні 10^{-48} *м*, або й менше.

Сучасна наука розробила новий погляд на природу фізичних об'єктів, який можна характеризувати як цілісно-синергетичний. Основним об'єктом вивчення науки стає єдиний неподільний самоорганізовуваний Всесвіт, що й визначає необхідність інтегративного підходу до з'ясування явищ і процесів, які в ньому відбуваються. На даний час фізики та астрофізики все більше схиляються до думки, що конкретно-всезагальною частиною Всесвіту є вакуум, який забезпечує Всесвіту самоорганізовувані процеси його еволюції. Це, зокрема, відображається у визначальній ролі вакууму у сучасних фізичних та астрофізичних теоріях. Виділеність вакууму, його особлива роль у космологічних процесах виникнення і розвитку фізичного світу дозволяє розглядати його в якості вихідної абстракції у теоретичній астрофізиці. Саме фізичний вакуум бере безпосередню участь у формуванні як якісних, так і кількісних властивостей фізичних об'єктів.

Останнім часом вакууму приписують особливий вид коливань (частинок) – «інстантонів», які призводять до спонтанного збудження і загасання сильного глюонного поля. Для математичного опису інстантонів використовують формальний прийом, який призводить до важливої фізичної аналогії. Доведено, що поширення інстантонних флуктуацій, яке є квантовим явищем, можна описувати як класичний рух, якщо час вважати уявним параметром.

Виявилося, що такі «псевдочастинки» можуть бути різних типів; не всі з них детально вивчені, проте, вже врахування відомих псевдочастинок- інстантонів призводить до важливих фізичних явищ.

Наприклад, за поміщення кварків у середину газу (або рідини) із таких псевдочастинок (іншими словами, при розгляді кварків у вакуумі) ці псевдочастинки «стискають» глюонне поле кварків і зосереджують його у струноподібній області, що може призводити до так званого «плетення» кварків і відігравати суттєву роль у сильній взаємодії.

Інше застосування ідея інстантонів знаходить у теорії гравітації. Завдяки зародженню гравітаційних інстантонів простір набуває складної топологічної структури – він виявляється зритим «кротовими норами» та іншими топологічними утвореннями. Така просторово-часова «піна» призводить до незвичних наслідків і повинна відігравати важливу роль у майбутніх спробах об'єднання всіх фундаментальних взаємодій.

Таким чином, наука стоїть на порозі створення єдиної теорії матерії, тобто всіх фундаментальних взаємодій (поля) і структури речовини. Правда, на цьому шляху належить вирішити, крім названих вище, ще багато складних проблем.

Насамперед, має бути створена квантова теорія гравітації, без якої реалізація програми супергравітації неможлива. Лише зі створенням квантової теорії гравітації можливо вдасться знайти відповіді на питання: чому наш простір має три виміри, а час лише один вимір? чому нам даний саме такий набір елементарних частинок та чим визначається їх маса? чому в природі існує елементарний електричний заряд і від чого залежить його величина? чи має властивість розпаду протон, час життя якого оцінюється у $10^{31}c$? чи існує магнітний монополь? чи існує квант гравітаційного поля – гравітон? чому існує лише чотири типи (а може й п'ять) фундаментальних взаємодій, і саме ті, які нам відомі? чому світові константи мають саме такі, а не інші значення? що являє собою фізичний вакуум? що таке темна матерія? що являє собою прихована енергія Всесвіту? де межа дроблення матерії і чи існує вона? та ін.

У сучасному природознавстві передбачається, що світові константи набули стабільних значень, починаючи з часу 10^{-35} $с$ від моменту зародження Всесвіту і що, таким чином, у нашому Всесвіті неначе існує надто тонка «підгонка» числових значень світових констант, яка й обумовлює необхідні їх значення для існування ядер, атомів, зірок і галактик. Як виникла і реалізувалася така ситуація – наука пояснити не може. Така «підгонка» (константи саме такі, якими вони є!) створює умови для існування не лише неорганічних речовин, але й живих організмів, у тому числі й людини.

Особливу увагу цій проблемі приділяв відомий вчений П. Дірак (Нобелівська премія з фізики 1933 року). Він першим висунув гіпотезу про те, що розвиток Всесвіту супроводжується зменшенням значення гравітаційної сталої з часом. Дірак помітив, що відношення $\alpha_e/\alpha_g = 10^{40}$. Таке ж число він отримав для відношення розміру нуклона до швидкості світла. Збіг цих відношень у вигляді безрозмірної величини 10^{40} з врахуванням віку Всесвіту ($10^{17}c$) й дозволив йому вважати, що коли вік Всесвіту збільшується, то, щоб збереглося значення константи 10^{40}, гравітаційна взаємодія має зменшуватися.

Дірак не вважав такий збіг і наявність константи 10^{40} випадковим. Адже такий збіг виявляється й в інших варіаціях фізичних параметрів, що описують Всесвіт. Наприклад, відношення розміру Метагалактики (10^{26} $м$) до розміру нуклона (10^{-14} $м$) теж дорівнює 10^{40}. Інший приклад – число важких частинок у Всесвіті

$$N = \frac{\pi c}{G m_p^2} \approx 10^{80}, \text{ тобто теж } (10^{40})^2.$$

Тому П. Дірак висловив ідею про синхронну зміну з часом всіх фундаментальних констант. Висунута П. Діраком гіпотеза про можливу змінюваність світових констант стала поштовхом до багаточисельних експериментальних досліджень, які показали з великою точністю, що ознаки зміни будь якої з констант протягом циклу розширення Всесвіту відсутні. Сумніви викликало лише відношення між масами електрона і протона через відсутність достовірних даних щодо їх стабільності. Проте, спостереження

спектральних ліній поглинання у спектрі галактики, яка знаходиться на відстані 7 мільярдів світлових років від Землі, показали, що відношення мас електрона і протона 7 мільярдів років тому відрізнялося від теперішнього значення не більше, ніж на 0,00001%.

Загалом же можна вважати, що різноманіття і цілісність фізичного світу, його порядок і гармонія, передбачуваність і повторюваність формуються і управляються системою невеликого числа фундаментальних констант.

Отже багато незвичного і несподіваного містить для пізнання фізичного світу та область, де Мікросвіт виявляється пов'язаний з Мегасвітом, ультрамале з ультравеликим, елементарна частинка з Всесвітом в цілому, фізика з астрономією тощо.

У фізиці, та й в інших науках, виявилося багато дивних збігів, які не можуть бути зрозумілі ні як чисто випадкові, ні як чисто закономірні. Можна прослідкувати взаємні перетворення порядку в хаос, народження законів і упорядкованості хаосу, але чи можна керувати цими процесами?

Підсумовуючи інтегративний зміст матеріалу фундаментальних взаємодій у природі, звертаємо увагу студентів на фундаментальне значення різниці між далекодіючими і близькодіючими силами природи: з одного боку – взаємодії необмеженого радіуса дії (гравітація і електромагнетизм), а з іншого – малого радіуса (сильна і слабка). Цим демонструємо, що світ природних процесів розгортається в межах цих двох полярностей і разом з тим втілює єдність гранично малого і безмежно великого – мікросвіту і мегасвіту, елементарної частинки і всього Всесвіту. Іншими словами – опис природи пролягає між двома протилежними картинами. У цьому «серединному» описі фізичні закони призводять до нової форми пізнання, яка виражається ймовірнісними уявленнями. Тобто, будучи пов'язаними з динамічною нестійкістю природних систем (як мікро- так і макроскопічних), закони природи оперують лише з можливістю подій, а не роблять окремі події наперед передбачуваними.

2.3. Інерція і інертність, гравітація.

Згідно з визначенням, даним у «Фізичному енциклопедичного словнику» (Т. 2, стор. 181. 1962 року) поняття «інерції» і «інертності» ототожнюється і що це – «властивість матеріальних тіл, яка знаходить своє відображення в 1-му і 2-му законах механіки» (законах Ньютона). Коли зовнішні впливи на тіло (сили), відсутні або взаємно зрівноважуються, інерція (інертність) проявляється в тому, що тіло зберігає незмінним стан свого руху або спокою по відношенню до так званої інерціальної системи відліку. Якщо ж на тіло діє неврівноважена система сил, то властивість інерції виявляється в тому, що зміна стану спокою або руху тіла, тобто зміна швидкостей його точок, відбувається поступово, а не миттєво; за цього рух змінюється тим повільніше, чим більша інертність тіла. Так, наприклад, надати однакового прискорення великому каменю значно важче ніж маленькому м'ячику.

На відміну від згадуваного «Словника» у низці підручників з фізики «інерцію» розглядають як «явище», притаманне матерії, а «інертність» як «властивість» тіл. Мірою інертності тіл є маса тіла.

Прояв сили інерції можна продемонструвати на такому прикладі. Нехай система відліку рухається поступально з прискоренням $\overrightarrow{a_0}$. Прикладом такої системи може бути візок, що рухається з прискоренням $\vec{a}$ під дією зовнішньої сили $\vec{F}$ (див. рис. 12). На візку встановлено кронштейн, до якого на нитці підвішено кульку. Під час прискореного руху візка кулька відхилятиметься від вертикального напряму на деякий кут φ. Розглянемо рух кульки в інерціальній і неінерціальній системах відліку. Спостерігач, який знаходиться в інерціальній системі відліку xOy, відхилення кульки пояснює так. Коли візок починає рухатися з прискоренням, кулька намагається зберігати свій попередній стан і відставатиме від візка, відхиляючись на деякий кут. Нитка відхиляється доти, поки рівнодійна сил тяжіння $\vec{P}$ натягу нитки $\vec{T}$ не досягнуть величини

$$\vec{P} + \vec{T} = m\overrightarrow{a_0} = \vec{F}.$$

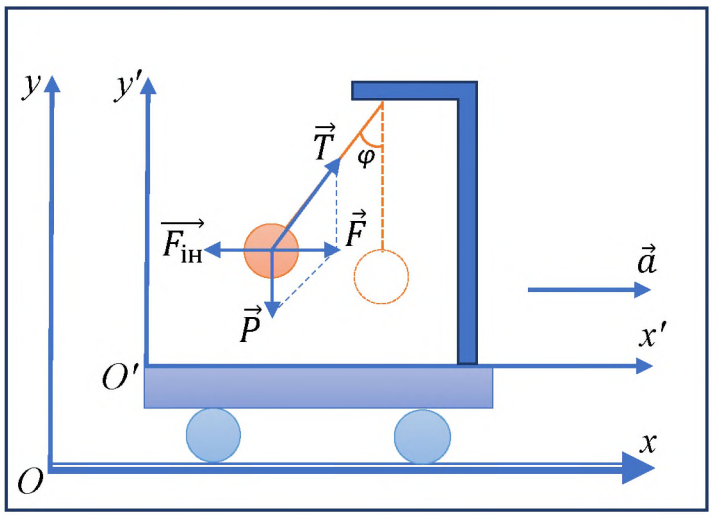


Рис. 12.

Спостерігач, який знаходиться в неінерціальній системі відліку $x'O'y'$, стверджує, що відхилена кулька відносно візка перебуває в спокої, тобто рівнодійна сил, які діють на кульку, дорівнює нулю. Оскільки нитка з кулькою відхилена від вертикальної лінії на кут φ, то спостерігач стверджує, що на кульку, крім сил $\vec{P}$ і $\vec{T}$, діє сила $\overrightarrow{F_{ін}}$. Їхня рівнодійна $\vec{P}+\vec{T}+\overrightarrow{F_{ін}}=0$, або $\vec{P}+\vec{T}-m\overrightarrow{a_0}=0$, тобто спостерігач стверджує, що на кульку діє сила інерції $\overrightarrow{F_{ін}}=-m\overrightarrow{a_0}$.

Отже, щоб другий закон механіки виконувався в неінерціальній системі відліку, він повинен записуватися у такому вигляді:

$$ma=F+F_{ін},$$

де a – прискорення тіла в інерціальній системі відліку; F – рівнодійна зовнішніх сил (дії інших тіл); $F_{ін}$ – сила інерції, яка виникає не через взаємодію тіл, а через прискорений рух системи відліку.

Сили інерції завжди є зовнішніми по відношенню до будь-якої рухомої системи матеріальних тіл. Таким чином, рух тіл під дією сил інерції аналогічний до їх руху у зовнішніх силових полях. Такий підхід дає можливість відповісти на питання: реальні чи фіктивні сили інерції? Відповідь на це питання залежить від того сенсу, який вкладається в слово «реальний» і «фіктивний». Якщо дотримуватися ньютонівської механіки, згідно з якою всі сили повинні бути результатом взаємодії тіл, то на сили інерції слід дивитися як на фіктивні сили, що зникають в інерціальних системах відліку. Проте така точка зору не обов'язкова. Адже всі взаємодії здійснюються через силові поля і передаються зі скінченними швидкостями. Тож на сили інерції можна дивитися як на дії, яких зазнають тіла з боку якихось реальних силових полів. Щоправда, ці поля певним чином

перетворюються за переходу від розглядуваної системи відліку до іншої системи, яка рухається відносно неї прискорено. Але це не є підставою вважати ці сили фіктивними. Наприклад, електричні і магнітні сили також перетворюються за переходу до іншої системи відліку (навіть від однієї інерціальної до іншої інерціальної). І тим не менше ніхто не виявляє сумніву в реальному існуванні електромагнітних силових полів.

Незалежно від того, яка з цих точок зору може бути прийнятною, в природі існує багато явищ, які можуть бути інтерпретовані як прояв сили інерції. Наприклад, коли поїзд набирає швидкість, пасажир у вагоні відчуває дією сили, спрямованої проти руху поїзда. Якщо пасажир сидить у напрямку руху поїзда, то ця сила притискає його до стінки сидіння. Це і є сила інерції. За гальмування поїзда сила інерції змінює напрямок і намагається відділити пасажира від стінки сидіння. Відомо, що сили інерції викликають «перевантаження», які діють на пілота чи космонавта за великих прискорень літака або при запуску і гальмуванні космічного корабля.

Звичайно, що всі ці явища можна зрозуміти й не користуючись уявленнями про сили інерції, а розглядати як рух відносно інерціальної систем відліку. Тому зображене на рисунку можна розглядати так, що маятник (кулька на нитці) рухається прискорено по відношенню до інерціальної системи відліку.

Кількісне поняття маси у фізиці вводиться на основі закону збереження імпульсу. В основі цього поняття лежать інерційні властивості тіл. Тому, визначену таким чином масу називають «інертною масою», позначаючи інколи символом $m^{(i)}$. Проте тіла мають властивість не лише інертності, але й здатність збуджувати в оточуючому просторі гравітаційне поле. У цьому відношенні вони подібні до електрично заряджених тіл, які створюють навколо себе електричне поле. Інертність тіл і їх здатність збуджувати в оточуючому просторі гравітаційне поле не повинні апріорі розглядатися як взаємозв'язані і тим паче як тотожні властивості тіл. Варто вважати, що тіла є джерелами гравітаційних полів не тому, що вони володіють інертними масами, а тому, що вони несуть особливі

«заряди», які аналогічні до електричних зарядів. Такі заряди називають «гравітаційними зарядами» або «гравітаційними масами». Сили взаємодії гравітаційних мас, як показує дослід, змінюється обернено пропорційно квадрату відстані між ними. Для кількісного визначення гравітаційних мас можна скористатися способом, який використовується з електричними зарядами в електростатиці. А саме, позначимо гравітаційні маси взаємодіючих точкових тіл символами $m_1^{(г)}$ і $m_2^{(г)}$. Для сили їх гравітаційного притягання можна написати

$$F = c\frac{m_1^{(г)} \cdot m_2^{(г)}}{r^2},$$

де c – числовий коефіцієнт, який залежить лише від вибору одиниць. Цьому коефіцієнту можна надати довільну розмірність і довільне числове значення. Тоді, вважаючи, що одиниці для r і F вже встановлені, можна також встановити одиницю гравітаційної маси її розмірність, а наведена формула дасть принциповий спосіб вимірювання гравітаційних мас.

Пропорційність сили гравітаційної взаємодії тіл їх гравітаційним масам не є фізичним законом. Ми таким чином вводимо поняття гравітаційної маси, що вказана пропорційність виконується за визначенням. Фізичний закон, який встановлений Ньютоном полягає в тому, що сила гравітаційної взаємодії тіл пропорційна їх інертним масам. Звідси випливає, що інертна маса тіла пропорційна його гравітаційні масі. Це видно з того, що всі тіла на поверхні Землі падають з однаковим прискоренням. У цьому випадку силу, що діє на тіло, можна виразити двояко – через масу тяжіння $m^{(г)}$ і через інертну масу $m^{(i)}$. Для двох тіл матимемо:

$$G\frac{m_1^{(г)} \cdot M_З}{r^2} = m_1^{(i)} \cdot g; \quad G\frac{m_2^{(г)} \cdot M_З}{r^2} = m_2^{(i)} \cdot g.$$

Поділивши почленно першу рівність на другу, дістанемо:

$$\frac{m_1^{(г)}}{m_2^{(г)}} = \frac{m_1^{(i)}}{m_2^{(i)}},$$

тобто маси тяжіння тіл пропорційні їх інертним масам. Одиниці цих мас можна вибрати так, щоб вони були не лише пропорційними, але й

чисельно рівні між собою. Тому цей фундаментальний фізичний закон називається законом рівності, або еквівалентності, інертної і гравітаційної мас.

Спроби довести справедливість цього висновку робилися вже Галілеєм, а потім і Ньютоном. Проте їхні досліди мали малу точність. Значно більшої точності було досягнуто Бесселем у дослідах з коливаннями маятника. Для періоду малих коливань математичного маятника відома формула $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$. З другого закону Ньютона випливає $m^{(i)} \cdot a = m^{(\text{г})} \cdot g$, звідки $a = \left(m^{(\text{г})}/m^{(i)}\right)g$. Якби $m^{(\text{г})} \neq m^{(i)}$, то у формулі періоду коливань математичного маятника величину g необхідно було б замінити на прискорення a, тобто було б

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}\frac{m^{(i)}}{m^{(g)}}}.$$

Звідси видно, що лише за умови $m^{(\text{г})} = m^{(i)}$ остання формула набуває вигляду попередньої, яка строго є доведеною.

Відносна точність, з якою рівність цих мас була встановлена в дослідах Бесселя, складає 1/60000. Ці вимірювання тривалий час вважалися рекордними за точністю, аж поки не були виконані угорським фізиком Етвешем. Він встановив рівність інертної і гравітаційної мас з відносною точністю $5 \cdot 10^{-9}$. Порівняно з дослідами Ньютона точність була підвищена приблизно у сто тисяч разів, а порівняно з дослідами Бесселя – більш ніж у десять тисяч разів. Ідея дослідів Етвеша полягала в наступному. Вага тіла складається з двох різних сил: сили гравітаційного притягання Землі і відцентрової сили інерції. Перша з них пропорційна гравітаційні масі, друга $\left(\vec{F}_i = m^{(i)}\omega^2\vec{r}\right)$ пропорційна інертній масі. Коли б інертна і гравітаційна маси не були строго пропорційні одна одній, то напрямок виска (математичного маятника) залежав би від матеріалу тіла. Досліди Етвеша мали на меті виявити цей ефект. З вказаною вище точністю вони призвели до від'ємного результату, що і є доказом справедливості закону рівності інертної і гравітаційної мас.

2.4. Простір і час

Загальними універсальними формами існування та руху матерії прийнято вважати *час* та *простір*. Рух матеріальних об'єктів та різні реальні процеси відбуваються у просторі та в часі. Особливість природничо-наукового уявлення про ці поняття полягає в тому, що час та простір можна охарактеризувати кількісно за допомогою приладів.

Час виражає порядок зміни фізичних станів та є об'єктивною характеристикою будь-якого процесу чи явища. Час – це те, що можна виміряти за допомогою багатьох приладів. Принцип роботи таких приладів заснований на різних фізичних процесах, серед яких найбільш зручними періодичними процесами є: обертання Землі навколо своєї осі, електромагнітне випромінювання збуджених атомів та ін. Існуючі сьогодні зразки приладів дозволяють виміряти час із дуже високою точністю – відносна похибка вимірів становить менше 10^{-11}.

Тимчасова характеристика реальних процесів ґрунтується на постулаті часу: однакові у всіх відношеннях явища відбуваються за однаковий час. Хоча постулат часу здається природним і очевидним, його істинність все ж таки відносна, тому що його не можна перевірити на досліді навіть за допомогою найдосконаліших годинників, оскільки, по-перше, вони характеризуються своєю власною точністю, і, по-друге, неможливо створити принципово однакові умови у природі у різний час. Водночас тривала практика природничо-наукових досліджень дозволяє не сумніватися у справедливості постулату часу в межах тієї точності, яка досягнута на даний момент.

При створенні класичної механіки близько 300 років тому І. Ньютон ввів поняття абсолютного, або істинного, математичного часу, який тече завжди і скрізь рівномірно, і відносного часу як міри тривалості, що вживається у повсякденному житті і який означає певний інтервал часу: годину, день, місяць і т.д.

У сучасному уявленні час завжди відносний. З теорії відносності випливає, що за швидкості, близькій до швидкості світла у вакуумі,

час уповільнюється – відбувається релятивістське уповільнення часу і що сильне поле тяжіння також призводить до гравітаційного уповільнення часу. У звичайних земних умовах такі ефекти надзвичайно малі.

Найважливіша властивість часу полягає у його незворотності. Минуле у всіх деталях та подробицях не можна відтворити у реальному житті – минуле забувається. Необоротність часу обумовлена складною взаємодією безлічі природних систем, у тому числі атомів і молекул, і символічно позначається стрілою часу, що «летить» завжди з минулого до майбутнього. Необоротність реальних процесів у термодинаміці пов'язують із хаотичним рухом атомів та молекул.

Поняття простору набагато складніше від поняття часу. На відміну від одномірного часу, реальний простір тривимірний, тобто, має три виміри. У тривимірному просторі існують атоми та планетні системи, виконуються фундаментальні закони природи. Однак висуваються гіпотези, згідно з якими простір нашого Всесвіту має багато вимірів, хоча з них наші органи чуття здатні відчувати лише три.

Перші уявлення про простір виникли з очевидного існування у природі твердих тіл, які займають певний об'єм. Виходячи з нього можна дати визначення: простір виражає порядок співіснування фізичних тіл. Завершена теорія простору – геометрія Евкліда, – яка була створена понад 2000 років тому, і досі вважається взірцем наукової теорії.

За аналогією з абсолютним часом І. Ньютон ввів поняття абсолютного простору, який існує незалежно від фізичних об'єктів, що знаходяться в ньому, і може бути абсолютно порожнім, будучи хіба що світовою ареною, де розігруються фізичні процеси. Властивості, простору визначаються геометрією Евкліда. Саме таке уявлення про простір лежить в основі практичної діяльності людей. Однак порожній простір ідеальний, у той час як реальний навколишній світ заповнений різними матеріальними об'єктами. Ідеальний простір без матеріальних об'єктів не має сенсу навіть,

наприклад, за опису механічного руху тіла, для якого необхідно вказати інше тіло як систему відліку. Механічний рух тіл відносний. Абсолютного руху, як і абсолютного спокою тіл, у природі не існує. Простір, як і час, є відносними.

Спеціальна теорія відносності об'єднала простір і час в єдиний континуум простір-час. Основою для такого об'єднання слугують принцип відносності та постулат про граничну швидкість передачі взаємодій матеріальних об'єктів – швидкість світла у вакуумі, що дорівнює приблизно 300 000 км/с. З цієї теорії випливає відносність одночасності двох подій, що відбулися в різних точках простору, а також відносність вимірів довжин та інтервалів часу, виконаних у різних системах відліку, що рухаються одна відносно іншої.

Відповідно до загальної теорії відносності властивості простору-часу залежать від наявності матеріальних об'єктів. Будь-який матеріальний об'єкт викривлює простір, який можна описати не геометрією Евкліда, а сферичною геометрією Рімана чи гіперболічною геометрією Лобачевського. Передбачається, що навколо масивного тіла за дуже великої щільності речовини викривлення стає настільки суттєвим, що простір-час неначе «замикається» локально сам на себе, відокремлюючи це тіло від решти Всесвіту і утворюючи чорну діру, яка поглинає матеріальні об'єкти та електромагнітне випромінювання. На поверхні чорної діри для зовнішнього спостереження час ніби зупиняється. Передбачається, що у центрі нашої Галактики знаходиться величезна чорна діра. Однак у деяких учених є й інша думка, що жодного викривлення простору-часу немає, а відбувається, викривлення траєкторії руху об'єктів, яке обумовлене зміною гравітаційного поля. Вони вважають, що червоне зміщення в спектрі випромінювання віддалених галактик можна пояснити не розширенням Всесвіту, а переходом випромінювання, яке вони посилають, із середовища з сильним гравітаційним полем у середовище зі слабким гравітаційним полем, в якому знаходиться спостерігач на Землі.

Коли мова йде, що всі явища природи і процеси відбуваються в просторі і часі, то за цього мають на увазі, що для їх опису

вимагається вказати місце, де вони відбуваються, і час коли вони відбуваються. Те, що відбувається в даній точці і в даний момент часу, у фізиці називають елементарною подією. Сукупність всіх можливих подій називають світом, де кожній окремій події відповідає світова точка, а процесові, тобто послідовності елементарних подій, – світова лінія.

Реальний фізичний простір вважається тривимірним, а час – одновимірним. Тому положення довільної точки задається трьома числами або параметрами, а час – одним числом. Спосіб, за допомогою якого кожній події приводиться у відповідність набір чотирьох чисел, називають системою відліку.

За практичної побудови координатної системи відліку обирають тіло відліку або сукупність тіл відліку і деяку точку – початок відліку, а також три фіксованих напрямки – осі координат. До них додають еталонний масштаб довжини, який дозволяє визначити відстані, одиниці кутових вимірювань, а також відповідні прилади та інструменти, за допомогою яких знаходять три параметри, які вважаються координатами обраної точки. Для вимірювання проміжків часу і визначення моментів початку подій задають початок відліку часу і еталонний годинник, за цього передбачається, що годинниками наділені всі точки простору і годинники синхронізовані між собою. Під годинником розуміють будь-який строго періодичний процес, тривалість якого приймається за одиницю.

Простір і час традиційно розглядалися у філософії і науці як основні форми існування матерії, які відповідальні за розташування, структурність і протяжність окремих елементів матерії відносно один одного і за закономірну координацію послідовної зміни явищ. Характеристиками простору вважались однорідність – однаковість властивостей у всьому просторі і ізотропність – незалежність властивостей від напрямку. Час також вважався однорідним, тобто будь-який процес у принципі повторюваний через деякий проміжок часу. З цією властивістю пов'язана симетрія світу, що має велике значення для його пізнання. Простір розглядався як тривимірний, а час як одновимірний і який йде в одному напрямку – від минулого до

майбутнього. Час необоротний, але у всіх фізичних законах від зміни знаку часу на протилежний нічого не змінюється, а, отже, фізично майбутнє не можна відрізнити від минулого. Таким чином, простір є всезагальною об'єктивною формою існування матерії, яка є необхідною умовою виникнення і руху конкретних матеріальних систем. Поняття «простір» виражає:

- взаємне розташування матеріальних систем (об'єктів) попереду, позаду, зовні, всередині, біля, далеко, близько і т.п.;
- здатність матеріальних об'єктів займати певний об'єм, мати протяжність – довжину, ширину і висоту;
- властивість матеріальних об'єктів мати певну форму, структуру.

Час є всезагальною об'єктивною формою існування рухомої матерії, яка є необхідною умовою виникнення і зміни конкретних матеріальних систем і виражає структурність, темп і тривалість матеріальних процесів і об'єктивну послідовність подій. Отже, поняття «час» виражає також всезагальну властивість таких матеріальних об'єктів і процесів як:

- тривалість існування предметів, систем і розвитку їх окремих фаз, сторін, ступенів і т. ін.;
- порядок послідовності і зміни станів, послідовність процесів (до, після, одночасно і т. п.).

Простір і час – це не самостійні сутності, а корінні форми буття, існування рухомих матеріальних систем. Простір і час являють собою форми, в яких проявляється активність матерії. Їм притаманні такі всезагальні властивості, як об'єктивність, безмежність і нескінченність, єдність абсолютності і відносності, перервності і неперервності. Так, наприклад, вони абсолютні в тому сенсі, що складають всезагальні умови будь-якого буття, вони відносні, тому що в своїх конкретних властивостях залежать від стану рухомої матерії.

Незважаючи на наявність спільних властивостей, простір і час мають свою специфіку, а в низці суттєвих властивостей вони різні. Простір тривимірний і володіє властивістю симетрії, а час –

одновимірний і односпрямований, тече від минулого до теперішнього і від нього до майбутнього. В одновимірному часі його незворотності виражається безпосередній характер зв'язку між змінними станами матеріальних об'єктів, а також охарактеризована загальна тенденція поступу одних матеріальних явищ за іншими, перехід від нижчих форм до вищих, від простих до більш складних системних утворень.

Простір і час складають єдність нескінченного і кінечного. Нескінченність простору проявляється абсолютним характером рухомої матерії, відсутністю будь-яких кінцевих, застиглих станів, невичерпністю в структурному відношенні і якісними перетвореннями матерії. Нескінченність часу полягає в тому, що матерія вічна в минулому і майбутньому, що час – це всезагальна форма існування нескінченної матерії.

Кінечність простору виражається в перервності руху, дискретності і диференційованості матеріальних систем. Точно так само й час складається з нескінченної множини тривалостей існування окремих матеріальних систем, в яких протікають необоротні процеси.

У фізиці теорія простору і часу з метафізичних позицій була обґрунтована Ньютоном. Він розрізняв абсолютні і відносні поняття простору і часу. Відносні простір і час – це чуттєво сприймані залежності між матеріальними тілами, а абсолютні – це математичні простір і час, які незалежні від матерії, одне від одного і складають «порожні вмістилища» для матерії. Тіла, знаходячись у просторі і змінюючи своє положення в ньому з часом, не взаємодіють з ним. Простір, згідно з Ньютоном, є абсолютною системою відліку і залишається завжди нерухомим, однорідним, володіє повсюдно, у всіх точках і напрямках однаковими геометричними властивостями. Час Ньютон визначав як «чисту» тривалість і вважав, що він, як і простір, слугує абсолютною системою відліку, завдяки чому неначе стає можливим вимірювання в часі тих чи тих реальних процесів, що відбуваються в порожньому просторі. Але ці реальні процеси, які відбуваються у відносному часі й сприймаються чуттєво, не взаємодіють з абсолютним часом. Це був метафізичний погляд на

простір і час стосовно механічних процесів. За цього основою просторових понять у механіці Ньютона слугувала геометрія Евкліда з її уявленнями про однорідності і однаковості (справжності, дійсності) властивостей всього нескінченного простору.

Створення у першій половині XIX ст. М. Лобачевським, а потім і Б. Ріманом неевклідової геометрії усунуло один з основних аргументів на користь ньютонівської концепції простору і часу – наявність лише однієї евклідова геометрії. Так, геометрія, яка створена М. Лобачевським, відображає нові, невідомі раніше, властивості простору. Вона спирається на матеріалістичний принцип залежності геометричних властивостей простору від матерії, від матеріальних процесів, що відбуваються. Ідеї Лобачевського і Рімана в значній мірі змінили метафізичні уявлення про однорідність і абсолютність простору. Разом з тим ці нові ідеї стали сильним ударом по апріоризму Канта, який розглядав простір і час як апріорні форми людського споглядання, яке передує будь-якому досліду. У своїх працях Лобачевский і Ріман показали, що просторові форми притаманні самому об'єктивному світу і що геометричні положення відображають властивості реального простору і мають дослідне походження.

Ідеї названих учених отримали свій подальший розвиток у теорії відносності А. Ейнштейна. Згідно з цією теорією простір і час знаходиться в прямому нерозривному зв'язку з рухомою матерією.

Теорія відносності, яка включає в себе спеціальну (СТВ) і загальну теорію відносності (ЗТВ), розкрила конкретні форми органічного зв'язку простору і часу, встановила їх залежність від розподілу і руху матерії, показавши тим самим, що простір і час не існують окремо один від одного і від матерії, утворюючи просторово-часовий її континуум, і що вони не є абсолютними в розумінні класичної фізики.

Останній висновок на перший погляд протирічить «здоровому глузду» і тому, що Кант називав умовами споглядання, оскільки ми не можемо уявити жодного іншого простору, крім тривимірного, й іншого часу, крім одномірного. Але наука зовсім не обов'язково

повинна слідувати здоровому глузду і незмінним формам чуттєвості. Головний критерій для науки – відповідність теорії і експерименту. Теорія Ейнштейна задовільняла цьому критерію і згодом була прийнята всіма природодослідниками.

Стосовно розглядуваного взаємозв'язку категорій простору і часу, то із СТВ випливає, що просторові розміри матеріального об'єкта і тривалість процесів, які в ньому відбуваються, не є абсолютними а відносними величинами. За наближення швидкості руху матеріальної системи до швидкості поширення світла всі процеси в системі сповільнюються, поздовжні (вздовж руху) розміри тіла скорочуються і події, які є одночасними для одного спостерігача, виявляються неодночасними для іншого, який рухається відносно нього.

Хаос і порядок

Хаос – це поширене нелінійне явище, яке зустрічається у всіх наукових дисциплінах. Це реальне постійне природне явище. Напевно, багато дослідників звертали свій погляд на хаос, приймаючи його за шум. Проте хаос виникає не лише у штучних системах, а й у будь- яких системах, зокрема й у живих, де має місце нелінійність розвитку.

Прояви хаосу різноманітні. Це турбулентні клуби сигаретного диму; водний слід за судном на підводних крилах; вихороподібне утворення по ходу судна, що пливе; «штопор» літака при виході з «піке»; раптова втрата керування космічним кораблем; несподівана видача ЕОМ великого потоку випадкових даних; руйнівна дія комп'ютерного вірусу; виникнення фібриляції серця у серцевого хворого; випадкове переміщення магнітних полюсів Землі протягом останнього тисячоріччя тощо.

Хаос – це події, які здатні спричинювати катастрофи. Втрата стійкості породжує турбулентність. Невипадково у східній філософії поширений графічний образ хаосу у вигляді завихрень. Вихороподібні малюнки та аналогічна символіка на японських кімоно

– найбільш пізнавані ознаки східної символіки, що інтуїтивно навіюють образ хаосу.

Повідомлення про ті чи інші прояви хаосу зустрічаються майже у всіх наукових дисциплінах: астрономії, фізиці, біології, біофізиці, хімії, машинознавстві, геології, медицині, математиці, теорії плазми, суспільних науках тощо.

У теорії хаосу хаос являє собою досить незвичайну форму поведінки будь-якої системи у врівноваженому стані. Характер системи виявляється настільки чутливим до початкових умов, що довгострокове прогнозування її поведінки стає неможливим.

Сучасна ситуація у світі характеризується різким загостренням процесів хаотизації, що поглинають таку бажану впорядкованість. На хаос побутовий, що проявляється у появі безлічі бажань та інтересів, які створюють сум'яття в економіці, накладається хаос «потривоженого єства», який заявив про себе всезростаючим конфліктом між світом природним і світом штучним. Якщо XVIII ст. можна назвати сатиричним, XIX ст. – патетичним, то XX ст. можна назвати катастрофічним. Це хаос великоісторичного масштабу: перша світова війна, революція, друга світова війна, падіння політичних режимів країн Східної Європи, афганська та чеченська війни...

Соціологізація понять порядку та хаосу мали своїм наслідком принципово негативні відношення до хаосогенних структур та повне сприйняття впорядкованих. З новою силою прозвучав давньокитайський висновок із книги «Дао-де цзин»: «Нешанування мудрості, призначення на посаду нездатних – в результаті хаос у країні». Поширився заклик до того, щоби сильна рука призупинила сповзання до хаосу. Хаос ототожнювався з безладдям і відображав такий стан суспільної системи, коли функціонування її неузгоджених елементів було пов'язане з появою передбачуваних наслідків і призводило до деградації та розпаду.

Тим часом така зрозуміла і навіть виправдана у розміреному людському бутті позиція за своєї абсолютності спотворювала картину світу. Вона вступала у конфлікт із природознавством, що представляє процес розвитку як взаємозв'язок структурування та хаотизації. Вона

була несумісна з баченням світу, що враховує не лише особливості структурогенезу, а й розупорядкування. Крім того, соціологізація категорій порядку та хаосу, що виявляє виключно перевагу порядку та негативне ставлення до хаосу, йшла врозріз із глибоко філософською традицією.

Можна, виділити низку причин та обставин, внаслідок яких відбувається втрата стійкості та перехід до хаосу. До них належать:

- шуми, зовнішні завади та збурюючі фактори (хаос і шум часто ототожнюють);
- наявність великої кількості ступенів свободи, якими володіє система у процесі свого функціонування; вона може у цьому випадку реалізувати цілком випадкові послідовності;
- досить складна організація системи (наприклад, хаос тропічного лісу);
- «ефект метелика», суть якого зводиться до того, що нелінійні системи надзвичайно чутливі до початкових умов і мають властивість швидко розводити спочатку близькі траєкторії («муха, яка літає перед носом короля, що приймає важливі рішення, може викликати зміни в усій державі»). Такий вислів, як «потрапити під гарячу руку», або наведена нижче жартівлива англійська пісенька можуть стати прикладом цієї причини хаосу:

«Не було цвяха – підкова зникла. Не було підкови – кінь зашкутильгав. Кінь закульгав – командира вбито, кінноту розбито – армія біжить. Ворог вступає в місто, полонених не шкодуючи. Тому, що в кузні не було цвяха».

Ретроспективний історико-філософський аналіз дозволяє вести мову про цілий спектр концепцій, які осмислюють взаємовідносини порядку та хаосу. Просторова модель співвідношення порядку та хаосу існує у двох варіантах.

Перший підхід близький до архаїчної свідомості древніх народів. У ній хаосу відводиться периферія, тобто все, що нижче впорядкованого світу, за його межами. Згодом поняття «поза» набуває суворої спрямованості: хаос розуміється як рух униз, у надра, у глибини. Але він не лише лякає буянням пекла, але також і

приваблює прихованими там незліченними багатствами та скарбами. Богиня пекла – Персефона прославляє багатства земних надр, тобто її значення амбівалентне (амбівалентність – двоїстість, коли той самий об'єкт викликає в людини одночасно протилежні почуття, наприклад, любові і ненависті). Таке двоїсте, амбівалентне сприйняття хаосу існує в народно-фольклорній літературі і донині: напрямок вниз властивий усім формам народно-святкових веселощів і гротескного реалізму. Напрямок вниз притаманний бійкам, побоям, ударам: царів і королів скидають із трону, у бійках противника кидають на землю. Все завершене, віджиле, обмежене, застаріле кидається в земний і тілесний низ для смерті та нового народження. У землю втоптують, у неї ховають, але ж у неї й кидають зерно, тобто звершують посів та збирають жнива.

Таким чином, перший варіант просторової концепції взаємовідносин порядку і хаосу включає розуміння хаосу як периферії, віддаленої від упорядкованого центру, а потім і від матеріально-тілесного низу в його амбівалентній значущості.

Другий варіант цієї концепції оформився ще в Аристотеля та стоїків. Хаос розумівся ними як фізичне місце, яке необхідне для існування тіл. Це розвергнута прірва, порожнеча, тобто хаос протиставляється просторовій оформленості взагалі та геометричній фігурі зокрема. Останні ж тому й можливі, оскільки є першопотенція. Цей варіант близький до концепції, що розглядає *n*-вимірну тривалість, яка несе у своєму потоці і дозволяє чергуватись хаотично шаленим і розміреним, упорядкованим фазам становлення. Стадії світової пожежі чергуються із періодами відновлення.

Про що б не йшлося: про шалені водні стихії, вихори, смерчі, вулканічне виверження земної плазми, скрізь за характеристики хаосу безперечним є надмірний, колосальний надлишок енергії. Тому за дослідження процесів хаотизації досить важливим виявляється розуміння його енергетичної сторони.

У XX ст. «чужі» до лірики фізики довели, що на макрорівні хаос виконує функції генетичного начала. Нескінченний «танок» електронів у всьому аналогічний давньогрецькому принципу

спонтанного становлення. Е. Шредінгер, один із творців квантової механіки, дійшов висновку, що «могутній порядок точних фізичних законів виникає з атомної та молекулярної невпорядкованості». Нині ми знаємо, що далеко від рівноваги можуть спонтанно виникати нові типи структур. У сильно нерівноважних умовах може відбуватися перехід від безладдя, теплового хаосу до порядку. Хаос може виступати як надскладна впорядкованість, а середовище, яке постає перед нашим поглядом – абсолютно безладним, випадковим скупченням елементів, насправді включає в себе необхідну для народження безлічі упорядкованих структур різного типу, скільки завгодно складних і закінчених.

Хаос, безладдя, стихійність, безструктурність, стохастичність, як і порядок, гармонія, структура, організація – поняття досить близькі. Безлад – це не лише хаос. Хаос – це наявність зіпсованого ладу. Безладдя – це такий стан, коли є багато речей, але немає підстав відрізняти одну річ від іншої. Порядок є не що інше, як розрізнюване відношення сукупності речей. Говорячи про невпорядкований стан, мають на увазі ідеал порядку, який у даному випадку не реалізується. Випадковий розподіл – це ознаки, що характеризують «хаосомність».

Виявляється, що висока чутливість до початкових умов, яка призводить до хаотичної і непередбачуваної поведінки у часі, – це не виняток, а типова властивість багатьох систем.

Е. Шредінгер характеризує наявність двох механізмів, які можуть виробляти впорядковані явища – статистичний механізм, що створює порядок з безладдя, якому слідує ПРИРОДА, і новий механізм, що створює порядок з безладдя, на якому базується поведінка живої речовини. Якщо система надана сама собі, то вона переходить із найменш ймовірного стану до найбільш ймовірнісного, тенденцією її буде розупорядкування, хаотизація. Все, що відбувається у косній (неживій) матерії, збільшує хаос у тій частині, де це відбувається.

Живий організм чинить опір переходу до атомарного хаосу. Протягом свого нетривалого життя він виявляє здатність підтримувати себе та виробляти впорядковані явища. Організм має

унікальну властивість – концентрувати в собі потік порядку, впитувати впорядкованість із зовнішнього середовища. У світі живого проявляється спрямованість до позитивного пристосувального ефекту.

Робота з інформацією у візуалізованій формі графічних образів завдяки ЕОМ та комп'ютерам відкрила перед дослідниками фантастичний, заворожливий світ структур, що ховається за видимою хаотичною поведінкою навколишнього світу.

Г. Хакен вважає, що існують одні й ті ж самі принципи самоорганізації різних за своєю природою систем, від електронів до людей. На пошуки цих принципів і спрямована «синергетика».

Вчені, які працюють над проблемою самоорганізації матерії, виділяють таку структуру, як «атрактори» – ті, що притягують множини. Вони неначе утворюють центри, до яких тяжіють певні елементи. Коли, наприклад, у певному місці накопичується велика кількість людей, то майже неможливо пройти мимо і не приєднатися до них. У повсякденному житті це називається цікавістю, а в живому світі це отримало назву «сповзання в точку скупчення». Атрактори притягують і концентрують навколо себе стохастичні елементи, які ніби вбирають у себе хаос, одночасно структурують середовище, становлячись учасниками творення порядку (можна виростити кристали солі, помістивши в концентрований сольовий розчин вовняну нитку).

2.5. Енергія і ентропія

Слово «енергія» в перекладі з грецької мови означає «дія», «діяльність». Енергія – це загальна кількісна міра руху і взаємодії всіх видів матерії. Поняття «енергія» пов'язує воєдино всі явища природи.

У відповідності з різними формами руху матерії розглядаються й різні форми енергії: механічна, теплова, внутрішня, електрична, хімічна, електромагнітна, ядерна та ін. Цей поділ до певної міри слід розглядати як умовний. Перераховані форми енергії детально вивчаються у відповідних розділах загального курсу фізики.

Крім того, в атомній фізиці використовується поняття «енергії йонізації» (вона рівна роботі, яка виконується за видалення одного зовнішнього електрона з атома), а взагалі, в «мікрофізиці» – ще й поняття «енергія зв'язку» системи будь-яких частинок (наприклад, атома – як системи, що складається з ядра і електронів; ядра – як системи, що складається з нуклонів).

Абсолютна величина енергії зв'язку характеризує міцність зв'язку і стійкість системи.

Одним з найбільш фундаментальних законів природи є закон збереження і перетворення енергії: в ізольованій системі тіл енергія може переходити з однієї форми в іншу, але її кількість залишається постійною.

Якщо ж система не ізольована, то її енергія може змінюватися або з одночасною зміною енергії оточуючих тіл на таку ж величину, або ж за рахунок зміни енергії взаємодії тіла з оточуючими тілами. За переходу системи з одного стану до іншого зміна енергії не залежить від того, яким чином (внаслідок яких взаємодій) відбувається перехід, тобто енергія є однозначною функцією стану системи.

Закон збереження енергії є строгим законом природи, який справджується для всіх відомих взаємодій. Згідно з теорією Е. Нетер, він пов'язаний з однорідністю часу, тобто з тим фактом, що всі моменти часу еквівалентні і фізичні закони з часом не змінюються.

В природі існує різноманіття форм енергії: нею володіють люди і тварини, каміння і рослини, викопне паливо і деревина, ріки і озера, Світовий океан, атмосфера, Земні надра, Сонце, атомні ядра і т. ін.

Не дивлячись на величезне різноманіття форм енергії, для її виробництва використовують в основному три види джерел: викопне паливо (вугілля, нафта, природний газ), ядерне паливо і відновлювані джерела: Сонце, вода, вітер.

Очевидним є той факт, що невідновлювані енергоресурси: вугілля, нафта, газ – не безмежні. В природних умовах вони формувалися сотні мільйонів років, а можуть бути вичерпані протягом десятків – сотень років за сучасних темпів їх споживання. Тому поряд з раціональним використанням енергії необхідно шукати

її нові види джерел і підвищувати ефективність перетворення і споживання енергії.

Споживання людиною енергії здійснюється в результаті перетворення інших видів енергії. Існує три основних види її перетворення. Перший з них полягає в отриманні тепла за рахунок спалювання викопного або рослинного палива. Другий спосіб полягає в перетворенні наявної в паливі теплової енергії в механічну роботу. Третій спосіб – перетворення тепла, яке виділяється за спалювання палива або поділу атомних ядер, в електричну енергію.

Поняття «ентропії» історично виникло за розгляду і вивчення теплових процесів і створення термодинаміки. До моменту зародження термодинаміки в природознавстві панувала механіка Ньютона, механіка оборотних процесів, які можуть відбуватися як у прямому, так і в зворотному напрямі з так званим оборотним часом. У термодинаміці в цьому відношенні все виглядає по-іншому.

У свій час французький математик і фізик Ж. Б. Фур'є встановив один з основних законів теплопровідності – односторонній самовільний перехід тепла можливий лише від більш нагрітого тіла до менш нагрітого. З цього моменту розпочався вихід фізики за межі ньютонівської схеми. Тобто, першим важливим кроком цього відкриття був факт, що всі теплові процеси, які протікають природним шляхом (без участі зовнішніх сил) є необоротними. Так з'явилося поняття необоротності процесів, необоротності часу, «стріли часу».

Другим важливим кроком було встановлення другого начала (закону) термодинаміки С. Карно, який вивчав проблему використання теплової енергії через перетворення її в механічну енергію для виконання роботи в теплових двигунах.

Карно встановив, що в механічну енергію для виконання роботи можна перетворити лише частину теплової енергії і лише за умови, що в системі такого перетворювача обов'язково мають бути наявні нагрівач і холодильник з перепадом температур між ними $T_1 - T_2 = \Delta T > 0$. Як з'ясувалося у подальшому, за жодних значень T_1 і T_2

повністю перетворити теплоту в механічну роботу не вдалося – частина тепла розсіювалася в навколишньому середовищі.

Розвиваючи ідеї Карно, німецький учений Р. Ю. Клаузіус для оцінки розсіювання («знецінення») теплової енергії ввів поняття «ентропії».

«Ентропія» (від грец. – поворот, перетворення) – це функція стану термодинамічної системи (так як і енергія), зміна якої в рівноважному процесі дорівнює відношенню кількості теплоти, наданої системі, або відведеної від системи до термодинамічної температури системи.

Поступово зміст поняття ентропії став суттєво розширюватися. Із термодинамічного поняття воно перейшло в інші розділи фізики, а потім і в суміжні науки – хімію, біологію, інформатику, і зараз стало одним з найважливіших понять сучасного природознавства, поряд з таким, наприклад, як енергія.

У природі існує величезна кількість відкритих систем, які на противагу ізольованим системам, володіють більш високим рівнем впорядкованості. Вони являють собою більш організовану форму існування матерії, ніж оточуюче їх середовище. Якщо цю ситуацію розглядати з позиції класичної термодинаміки, то помітний черговий парадокс: організована система повинна володіти меншою ентропією порівняно з оточуючим середовищем. У чому тут справа?

Справа полягає в суттєвій якісній різниці між замкнутої (ізольованою) і відкритою системами. У першій з них може зберігатися й не рівноважна ситуація, але до тих пір, поки система за рахунок внутрішніх процесів не прийде в стан рівноваги і ентропія досягне максимуму. Для відкритих же систем за рахунок поповнення енергії від зовнішнього середовища можуть виникати дисипативні структури з меншою ентропією, тобто система, саморганізовуючись у новому стаціонарному стані зменшує свою ентропію, «скидає» надлишок її, який виникає за рахунок внутрішніх процесів, в оточуюче середовище. Відкрита система неначе «споживає» від'ємну ентропію («негентропію»). Виникають нові стійкі нерівноважні стани системи, але близькі до рівноваги, коли дисипація енергії має мінімум

і ріст ентропії менший ніж в інших близьких станах. За певних умов сумарне зменшення ентропії за рахунок обміну потоками із зовнішнім середовищем може перевищити її внутрішнє виробництво. Звідси випливає висновок: чим менше виробництво ентропії за реальних процесів, тим більш система організована. По суті в цьому полягає процес самоорганізації – створення певних структур із хаосу, із невпорядкованого стану. Реальні системи неначе структурують енергію із зовнішнього середовища – упорядкована її частина залишається в системі, а невпорядковану енергію (ентропію) система «скидає», повертає в природу.

Намагання до самоорганізації притаманне системам незалежно від їх фізичної природи і ієрархії побудови системи. Хаотичність і нерегулярність самі по собі можуть створювати порядок, який принципово відрізняється від впорядкованості рівноважних систем тим, що нерівноважні упорядковані системи існують лише за умови постійного обміну з оточуючим середовищем, а рівноважні – без такого обміну. Фізичним прикладом стійкої, але нерівноважної системи є стани інверсної заселеності в лазерах за «накачування» їх енергією від зовнішнього джерела. Тобто, у відкритих системах поряд з нерегулярністю (хаосом) наявне й часткове упорядкування.

Ще один приклад з фізики: в загальному випадку ентропія ламінарної течії рідини менша, ніж турбулентної, і виникнення реального процесу турбулентності із ламінарного супроводжується меншим виробництвом ентропії.

Отже, всі процеси у природі протікають у бік збільшення ентропії. Термодинамічній рівновазі системи, у яку надходить енергія ззовні, відповідає стан з максимумом ентропії. Рівновага, якій відповідає найбільший максимум ентропії, називається абсолютно стійкою. Таким чином, збільшення ентропії системи означає перехід її у стан, що має більшу ймовірність. Необоротні процеси протікають самовільно до тих пір, поки система не досягне стану, якому відповідає найбільша ймовірність, а ентропія за цього досягає свого максимуму.

Ентропія характеризує ймовірність, з якою встановлюється той чи інший стан, та є мірою хаотичності або незворотності. Це міра безладдя в системах атомів, електронів, і фотонів та інших частинок. Чим більше порядку, тим менша ентропія. Деградація якості енергії означає збільшення безладдя у розташуванні атомів та у характері електромагнітного поля всередині системи. Тобто всі процеси, «пущені на самоплив», завжди протікають так, що їхнє безладдя збільшується.

Узагальнюючи зв'язок поняття самоорганізації з поняттям енергії і ентропії, відзначаємо такі характерні ознаки цього процесу: необхідність наявності нерівноважного термодинамічного процесу, за цього нерівноважність – це такий стан, коли надходження енергії до системи ззовні не лише «гасить» зростання ентропії, але й змушує ентропію зменшуватися.

2.6. Всесвіт у розвитку

Сучасне природознавство доводить, що у природі реалізується все, що не заборонено її законами, яким би неймовірним це не здавалося. У той же час сучасна картина світу достатньо проста і стрункa, оскільки для її розуміння потрібно не так багато принципів і гіпотез. Ці якості їй надають такі провідні принципи побудови й організації сучасного наукового знання, як «системність», «глобальний еволюціонізм», «самоорганізація» й «історизм». Системність означає відтворення наукою того факту, що Всесвіт постає перед нами як найкрупніша з відомих нам систем, що складається з безлічі підсистем різного рівня складності і впорядкованості. Ефект системності полягає у виникненні нових властивостей у системі, які з'являються завдяки взаємодії її елементів. Інша її найважливіша властивість, «ієрархічність» і «субординація», тобто послідовне включення систем нижчих рівнів у системи більш високих рівнів. Це відображає їх принципову єдність, оскільки кожний елемент системи виявляється зв'язаним з усіма іншими елементами і підсистемами. Саме такий принципово єдиний характер демонструє нам і природа. Глобальний еволюціонізм

означає визнання того факту, що Всесвіт має еволюційний характер. Всесвіт і все, що в ньому існує постійно розвиваються й еволюціонують, тобто в основі всього сущого лежать трансформаційні, необоротні процеси. Ідея глобального еволюціонізму дозволяє також вивчати всі процеси, що протікають у світі, з єдиної точки зору як складові загального світового процесу розвитку. Тому основним об'єктом дослідження фізики і природознавства в цілому стає єдиний неподільний Всесвіт, розвиток якого визначається універсальними і практично незмінними законами природи, яка самоорганізовується. Історичність полягає у визнанні принципової незавершеності справжньої наукової картини світу. За цього важливо розуміти, що одні й ті ж самі експериментальні факти можуть приводити дослідників до різних тверджень, оскільки і тут існує невизначеність. Це означає, що і картина світу, яка будується наукою, є не єдиною.

Ще однією важливою особливістю сучасної картини світу є визнання того факту, що процеси руйнування і творення, деградації й еволюції у Всесвіті принаймні є рівноправними; процеси творення (наростання складності і впорядкованості) мають єдиний алгоритм, незалежно від природи систем, у яких вони відбуваються. Однією з центральних ідей сучасної фізики, як і науки в цілому, стала ідея розвитку, або ідея еволюції. Тому нова концепція у фізиці і природознавстві отримала назву *універсального або глобального еволюціонізму*. Іноді її називають також *постнекласичним* або *еволюційно-синергетичним* мисленням. У цій моделі Всесвіт постає перед нами як природне ціле, що розвивається у просторі та часі, а вся його історія від Великого вибуху до виникнення людства розглядається як єдиний процес, у якому космічний, хімічний, біологічний і соціальний типи еволюції пов'язані між собою. Це означає, що Всесвіт зазнає безперервних змін, а людство спостерігає його постійну еволюцію. Усе це відбувається завдяки процесам самоорганізації матерії. До таких процесів відноситься й становлення Розуму, який теж виник внаслідок еволюції Всесвіту. Отже, можна

сказати, що все існуюче буття є результатом еволюції', яка має загальний всеосяжний характер.

Одним із найважливіших висновків концепції універсального еволюціонізму є думка про спрямованість розвитку світу як цілого на підвищення своєї структурної організації. Уся історія Всесвіту уявляється єдиним процесом самоорганізації і розвитку матерії. У рамках даної концепції важливу роль відіграє «антропний принцип», який стверджує, що виникнення людства стало можливим внаслідок тонкого підстроювання законів Всесвіту. Дійсно, закони Всесвіту ніби спеціально створено так, щоб його розвиток зумовив появу на Землі різноманітних форм життя аж до людини, яка здатна осягнути й розкрити таємниці цього Всесвіту. Переплетення різних підходів, гіпотез, теорій, концепцій та парадигм, використовуваних цими науками за опису НКС, з одного боку полегшує виокремлення основних гносеологічних характеристик НКС, а з іншого – висуває низку проблемних питань, які потребують особливої уваги і всебічного тлумачення у процесі їх викладання і вивчення студентами.

Фрагментарні картини світу, які вибудовуються в процесі розвитку окремих наук, імплементуються потім у навчальні плани у формі навчальних дисциплін з наступним об'єднанням у загальнонаукові картини світу (ЗНКС). ЗНКС знаходять своє відображення в навчальних планах у формі певних циклів навчальних предметів (курсів): цикл гуманітарної підготовки, психолого-педагогічної, фундаментальної, науково-предметної, загальноосвітньої тощо. За цього передбачається, що необхідний комплекс професійних компетентностей фахівця того чи того профілю може бути сформований лише на базі чітко визначеної (обраної) ЗНКС.

Основною і принциповою особливістю сучасної НКС є та, що в її основі лежить принцип глобального еволюціонізму. Він означає, що в сучасному природознавстві сформувалося переконання про те, що матерія, Всесвіт в цілому і всі його структурні складові не можуть існувати не розвиваючись, не змінюючись. Тобто, укорінення у

нинішній НКС уявлень про всезагальний характер еволюції є її головною відмітною рисою.

В одному з найпростіших визначень під НКС розуміють систему уявлень про загальні закономірності в природі, яка формується внаслідок синтезу знань, отриманих у рамках різних наукових дисциплін. Основою сучасної НКС є фундаментальні знання, отримані, насамперед, у фізиці і астрономії. В останні роки XX ст., і особливо сьогодні, почала домінувати думка, що лідером природознавства стає біологія. Це не могло не відобразитися й у посиленні впливу, який виявляє біологічне знання на побудову НКС. Справа в тому, що ідеї біології поступово набувають універсального характеру і перетворюються у фундаментальні принципи інших природничо-наукових дисциплін. Зокрема, у сучасній науці таким універсальним принципом (ідеєю) є принцип всезагального розвитку. Проникнення цієї ідеї у фізику (фізика живого), хімію, космологію, астрономію, соціологію та в інші науки, призвело до суттєвої зміни погляду людини на світ (тобто світогляду). Інтелектуальною ж складовою будь-якого світогляду є світорозуміння, яке по-іншому й називається «картиною світу». Варто відмітити, що відбулося не просто запозичення ідеї розвитку з біології, а значне переосмислення характеру процесів, що відбуваються на всіх рівнях існування матерії.

Принципи побудови НКС в цілому відповідають фундаментальним закономірностям існування і розвитку самої «Природи», які, в свою чергу узгоджуються з провідними принципами організації наукового знання. Такими принципами вважаються: системність, глобальний еволюціонізм, самоорганізація, історичність.

Системність постулює той факт, що спостережуваний Всесвіт є найбільшою із відомих людству систем, яка складається з величезної кількості елементів (підсистем) різного рівня складності і впорядкованості. Об'єднання елементів відображає їх принципову єдність: завдяки ієрархічному включенню систем різних рівнів одна в одну, будь-який елемент будь-якої системи виявляється пов'язаний зі всіма елементами всіх можливих систем. Саме такий, принципово

єднісний, характер демонструє оточуючий світ. Подібним чином організовується й природознавство, яке його вивчає і описує у вигляді НКС.

Глобальний еволюціонізм визнає неможливість існування Всесвіту і породжуваних ним менш масштабних систем поза розвитком, еволюцією.

Самоорганізація – це здатність матерії до самоускладнення і створення все більш упорядкованих структур у ході еволюції.

Історичність полягає у принциповій незавершеності теперішньої, та й будь-якої іншої НКС. Нинішня НКС – це синтез народженої як попередньою історією, так і науковими досягненнями нашого часу. Розвиток людського суспільства змінює стратегію наукового пошуку, змінює відношення людини до оточуючого світу. Поряд же ж з цим розвивається і Всесвіт. Оскільки розвиток суспільства і Всесвіту відбувається в різних темпоритмах, то їх взаємне накладання робить ідею побудови завершеної, абсолютно істинної НКС практично нездійсненною.

Претендентом на здатність описати рухаючі сили еволюції систем різної природи, будь-яких об'єктів нашого світу – є *синергетика*. Синергетика сповідує такі основні постулати:

- процеси творення і руйнування, еволюції і деградації у Всесвіті щонайменше рівноймовірні;
- процеси творення (зростання складності, упорядкованості) у Всесвіті мають єдиний алгоритм незалежно від природи систем, в яких вони здійснюються.

Отже, синергетика передбачає наявність деякого універсального механізму, за допомогою якого здійснюється самоорганізація як у живій, так і у неживій природі. Тому, під самоорганізацією розуміється спонтанний перехід відкритої нерівноважної системи від менш до більш складних і упорядкованих форм організації. Тобто, синергетика розглядає системи, які задовольняють таким умовам:

- вони повинні складатися з дуже великої кількості елементів;

- вони повинні бути відкритими, тобто обмінюватися речовиною і енергією із зовнішнім середовищем;
- вони повинні бути достатньо нерівноважними, тобто знаходитися у стані далекому від термодинамічної рівноваги.

Практика досліджень, доступної для вивчення частини Всесвіту, стверджує, що саме такими є більшість відомих нам систем. Ізольовані системи, які розглядаються у класичній термодинаміці, насправді є до певної міри ідеалізацією і в реальності вони складають швидше виключення, аніж правило.

Підтвердженням цього стали виявлені протиріччя між процесами еволюції в живій і неживій природі в рамках стаціонарної моделі Всесвіту. Щодо процесів у неживій природі ця модель приписувала матерії споконвічно присутню здатність до руйнування будь-якої упорядкованості, спрямованість до вихідної рівноваги, що в енергетичному трактуванні відповідає неупорядкованості, тобто безладу або хаосу.

Для характеристики таких процесів у термодинаміку було введено поняття ентропії як міри безладу в системі. Максимальному значенню ентропії відповідає стан повної термодинамічної рівноваги, що еквівалентно цілковитому хаосу.

У модель стаціонарного Всесвіту не вписувалися процеси розвитку рослинного і тваринного світу, для яких характерними є неперервне ускладнення форм, накопичення рівня організації і порядку, що знайшло своє відображення у теорії еволюції Дарвіна. Жива природа демонструє явну тенденцію віддалення від термодинамічної рівноваги і хаосу. Спостерігається невідповідність законів розвитку живої і неживої природи.

Такий стан справ спонукав до заміни моделі стаціонарного Всесвіту на модель Всесвіту, який постійно розвивається. Ця модель описує процеси самоорганізації й у неживій природі у формах явного ускладнення організації матеріальних об'єктів – від субелементарних і елементарних частинок, у перші миттєвості після «Великого Вибуху», аж до спостережуваних у наш час зоряних і галактичних систем.

Синергетика стверджує, що закони самоорганізації діють на всіх рівнях матерії, тому синергетичний підхід дозволяє подолати розрив (протиставлення) між живою і неживою природою та пояснити походження життя через самоорганізацію неорганічних систем. Таким чином, синергетика поступово долає межі міждисциплінарних наукових досліджень, перетворюючись у наукову світоглядну парадигму.

Складність виникає, коли поняття відкритої системи застосовувати до Всесвіту як такого в цілому. Виникає питання, що в такому випадку для Всесвіту слугує зовнішнім середовищем, з яким він, згідно з синергетикою має обмінюватися речовиною та енергією? Сподівання сучасної науки отримати відповідь на це питання пов'язують із з'ясуванням природи «темної матерії», «темної енергії» та «віртуального вакууму».

Оскільки з позиції синергетичного підходу отримали пояснення приклади самоорганізації систем самої різної природи (механізм випромінювання лазера, механізм росту кристалів, механізм дії хімічного «годинника», процеси формування живих організмів, динаміка формування популяцій, ринкова економіка, в якій хаотичні дії мільйонів незалежних індивідів зрештою призводять до утворення стійких і складних економічних макроструктур) – у синергетиці вбачають одну з найважливіших складових сучасної НКС.

Відкриття Хабблом у 1929 році вибухоподібного «розбігання» галактик, тобто швидкого (прискорюваного) розширення видимої частини Всесвіту, продемонструвало його нестаціонарність. Екстраполюючи процес розширення у минуле, було зроблено висновок, що приблизно 15 мільярдів років назад Всесвіт був вміщений у нескінченно малий об'єм простору за нескінченно великої густини і температури речовини-випромінювання. Цей вихідний стан Всесвіту називають станом «сингулярності». На сьогодні вважається, що Всесвіт скінченний – він має обмежений об'єм і певний час існування. Відлік часу життя такого еволюціонуючого Всесвіту рахують від моменту, коли раптово порушився стан сингулярності і відбувся «Великий Вибух».

На думку багатьох дослідників, сучасна Теорія «Великого Вибуху» (ТВВ) загалом цілком задовільно описує еволюцію Всесвіту, починаючи приблизно з 10^{-44} секунди після початку розширення. Проте, в досить стрункій будові ТВВ є проблема «Початку» – фізичного опису стану сингулярності.

Отже, сучасна наука визначає вік Всесвіту в межах 15 – 20 мільярдів років. Коли людина (студент, учень) не знала цієї цифри, вона не могла ставити питання, над яким задумується сьогодні: що було до цієї дати?

Сучасна космологія, намагаючись дати відповідь на це питання, підходить до його трактування з двох протилежних гіпотез. Перша стверджує, що до цієї дати вся маса Всесвіту була втиснута в деяку точку. Коли Всесвіт перебував у цьому вихідному точковому стані, поряд, поза цією точкою, не існувало матерії, не було простору, а, отже, не могло бути й часу. Тому неможливо дати однозначну відповідь, скільки часу тривав цей стан – якусь мить чи нескінченне число мільярдів років. Тобто, відповідь полягає не лише в тому, що нам це невідомо, а в тому, що не було ні років, ні миттєвостей – просто час ще не існував.

Альтернативний підхід до вирішення поставленого питання не вимагає, щоб вихідна точка, у якій зародився Всесвіт, була заповнена надщільною матерією. Пропонується така схема, за якої Всесвіт не лише логічно, а й фізично виникає з «нічого». За цього має місце виконання всіх законів збереження. Згідно цієї гіпотези «ніщо» (вакуум) виступає, в якості основної субстанції Всесвіту, першооснови буття. З точки зору сучасної космогонії вакуум є особливим станом вічно рухомої матерії, яка постійно розвивається. Теоретичні розрахунки показують, що на ранніх стадіях розвитку Всесвіту сильне гравітаційне поле може породжувати частинки (тобто матерію) із вакууму.

Таким чином, на теперішній час достеменно невідомо, чому, з яких причин цей вихідний, точковий стан був порушений і відбулося те, що сьогодні позначається словами «Великий Вибух». Згідно зі сценарієм, з яким погоджуються більшість дослідників,

спостережуваний зараз Всесвіт розміром у 10 світлових років виник у результаті розширення, яке продовжувалося всього 10^{-30} с. Розлітаючись, розширюючись у різні сторони, матерія відсувала небуття, створюючи простір і розпочавши відлік часу.

Такі періодичні зміни творення і деградації Всесвіту породжують ще одне, чи не саме важливе питання: Всесвіт, який прийде на зміну нашому, нині наявному, чи буде він його повторенням? З цього приводу теж є різні думки, гіпотези і теорії. Так, наприклад, Р. Дік із Принстонського університету вважає, що не існує жодних фізичних обґрунтувань, щоб кожен раз у момент утворення Всесвіту фізичні закономірності були ті ж, що й у момент нашого циклу. Якщо ж ці закономірності будуть відрізнятися навіть самим незначним чином (що неодноразово доводилося на зміні значень безрозмірних світових констант), то зорі не будуть здатні створити важкі елементи, включаючи й вуглець, з якого побудоване таке життя, яким знаємо його ми. Тобто, цикл за циклом Всесвіт може виникати і зникати, не породивши навіть зародків життя. Цю точку зору можна назвати «перервністю буття». За нею життя перервне ще й тому, що коли навіть у новому Всесвіті воно й виникне, то жодним чином не буде пов'язане з минулим циклом.

За іншою точкою зору, навпаки, – Всесвіт «пам'ятає» свою передісторію, наскільки б далеко (навіть нескінченно далеко) в минуле вона не заходила.

Підтвердження цієї точки зору космологи пов'язують з відкриттям реліктового випромінювання. Виявляється, що це випромінювання, яке ще називають «відлунням» «Великого Вибуху», який породив наш Всесвіт, приходить не лише з минулого, але й «з майбутнього». Вважають, що це відблиск «світової пожежі», яка виходить із наступного циклу, в якому народжується новий Всесвіт.

Виникає наступне питання: чи є реліктове випромінювання тим єдиним механізмом, що пронизує наш Всесвіт з двох сторін, пов'язуючи минуле з прийдешнім? Ми притримуємося думки, що матерія, яка складає оточуючий світ, Всесвіт і нас самих несе в собі ще й певну інформацію. Якщо у момент сходження Всесвіту в точку

матерія не зникає, то не зникає, тобто є не знищуваною, й інформація, яку матерія несе.

Теоретично концепція розширюваного Всесвіту була висунута відомим вченим Фрідманом і підтверджена роботами американського астронома Хаббла. За розрахунками Фрідмана, якщо розширення буде тривати необмежено, то відстані між космічними об'єктами будуть збільшуватися до нескінченності, але за умови, якщо середня щільність маси Всесвіту виявиться меншою за деяку критичну величину. Ця величина складає приблизно 3 атоми на кубічний метр. Дослідження американських учених рентгенівського випромінювання далеких галактик за допомогою супутника дозволили розрахувати середню щільність маси Всесвіту. Вона виявилася дуже близькою до тієї критичної маси, за якої розширення Всесвіту не може бути нескінченним. І тут виникає нове питання: що ж буде далі?

Опосередкована відповідь на це питання може бути отримана на підставі останніх відкриттів фізиками маси спокою в одного з трьох видів нейтрино. Вчені розрахували, якщо решта нейтрино теж мають такі ж характеристики, то сумарна маса нейтрино у Всесвіті у сто разів більша, ніж маса звичайної речовини, яка знаходиться у зорях і галактиках. Це відкриття дозволяє вченим з більшою впевненістю стверджувати, що розширення Всесвіту буде продовжуватися лише до певного моменту, після якого процес набуде зворотного напрямку – галактики почнуть зближуватися, стискатися в одну точку. Слідом за матерією стискатиметься в точку й простір, зникне час. Відбудеться те, що астрономи називають словами «Схлопування Всесвіту».

Прийняття такої точки зору, неминуче призведе до постановки наступного питання: що відбудеться після того, коли Всесвіт повернеться у деяку вихідну точку? Відповіді на це питання пробують дати математичні моделі «періодично змінного Всесвіту», «пульсуючого Всесвіту» та ін. (Дж. Уіллер, К. Гедель, П. Девіс). Загальний висновок з них такий: число виникнень і загибелі, які переживає Всесвіт необмежене.

Відомо, що синергетика тісно пов'язана з кібернетикою. Кібернетика вивчає процеси управління, пов'язані з обміном інформацією між системою і середовищем, і виявляє залежності, які існують між інформацією й іншими характеристиками системи. Таким чином, центральним поняттям кібернетики є поняття інформації. В нашому контексті пошуку зв'язків самоорганізації системи з інформацією варто навести цитату з праці Н. Вінера «Людське використання людських істот: Кібернетика і суспільство», де він пише: «у той час як ентропія є мірою дезорганізованості, інформація, що переноситься деяким потоком послань, визначає міру організованості». Отже, наш світ заповнений інформацією так само, як він заповнений матерією, яка його складає. Спираючись на це твердження, Ю. М. Краснобокий і І. А. Ткаченко обґрунтували модель інформаційної наукової картини світу (ІНКС), як структурованої певним чином системи наукових знань, яка забезпечує прямі і зворотні зв'язки між складовими її елементами і разом з тим існує як певна цілісність з якісними особливостями.

Загальноприйнятим зараз баченням розвитку Всесвіту, як відзначалося вище, є синергетико-еволюційний підхід, в основі якого лежать процеси самоорганізації з наступним наростанням складності та упорядкованості в різних системах живої і неживої природи. Тобто, синергетика постулює самоорганізацію як таку, не пропонуючи механізмів завдяки яким відбувається самоорганізація у наведених вище прикладах: як електрони в робочому тілі лазера «кооперуються», а потім «домовляються» коли когерентно їм випромінювати енергію; як атоми (йони) «знають» («домовляються»), в якій послідовності і які місця в кристалічній гратці їм займати; як молекули води кооперуються і «домовляються» створювати комірки Бенара; змінювати періодично колір розчинів у реакціях Білоусова-Жаботинського; повторюватись
у генофонді з покоління до покоління у формі одних і тих же рослин і тварин; у демографічних процесах і процесах формування громадської думки тощо.

Обґрунтовуючи модель ІНКС на конкретних прикладах з живої і неживої природи, різні вчені-природодослідники показують, що таким загальним для систем будь-якої природи, всеохоплюючим механізмом є обмін інформацією, як невід'ємним атрибутом матеріального світу. Конкретнонаукові та загальнонаукові картини світу разом з об'єднуючою їх універсальною НКС насправді «занурені» в інформаційне середовище, яке для них є своєрідною матрицею.

Саме завдяки такій ролі інформації синергетичний підхід дозволяє відповісти на питання: чому всупереч дії ентропії світ демонструє високий рівень організованості і порядку.

2.7. Основні принципи сучасного цілісного наукового світогляду

Світогляд («погляд» на світ, «огляд» світу) формується на основі образів, процесів і явищ, які сприймаються органами чуття людини. Все те, з чого складається оточуючий нас Всесвіт, ми називаємо матерією. Філософське визначення матерії – це об'єктивна реальність, яка існує поза і незалежно від людської свідомості і відображається нею. Таке поняття матерії може бути визначене шляхом його співвідношення з поняттям свідомості, що його відображає. Якщо матерія є об'єктивна реальність, то свідомість – це суб'єктивна реальність. Свідомість є властивістю високоорганізованої матерії, як ідеальне відображення матеріального світу. Крім вказаної властивості матерія володіє ще й наступними всезагальними властивостями: субстанційністю, активністю, збереженістю, структурністю, невичерпністю, здатністю відображення, скінченністю і нескінченністю, абсолютністю і відносністю, перервністю і неперервністю та ін.

Субстанційність матерії полягає в тому, що об'єктивна реальність є причина самої себе, вона не створювана і не знищима.

Активність матерії виражається у її безмежній здатності до саморуху, розвитку, що призводить до безупинних якісних змін світу, його постійного оновлення. Існування матерії – це вічно живий,

внутрішньо активний процес утворення, розвитку і взаємодії різноманітних видів і властивостей.

Збереженість матерії полягає в тому, що вона як об'єктивна реальність не може виникати з «нічого» і безслідно зникати. Відбувається лише перетворення одних матеріальних форм в інші. Підтвердженням збережуваності матерії є закони збереження маси, енергії, кількості руху, електричного заряду та ін.

Структурність матерії означає, що яким би простим не видавався будь-який матеріальний об'єкт, він завжди має складну структуру. Структурність пов'язана з цілісністю системи.

Невичерпність матерії полягає в нескінченному різноманітті видів і властивостей об'єктивної реальності (мікро-, макро- і мегасвітів), форм їх взаємодії і взаємопереходів. На кожному структурному рівні матерії діють свої специфічні закономірності.

Властивість відображення притаманна всій матерії, як органічний так і неорганічній. Властивість відображення полягає в здатності матеріального об'єкта за його взаємодії з іншим відтворювати в своїх змінах (у вигляді відбитків, слідів, образів, тощо) особливості взаємодіючих об'єктів. Чим складніший рівень організації матерії, тим складнішими стають самі форми відображення – від простої механічної форми в неорганічному світі до роздратованості в органічній природі. І як найвища форма матерії, яка притаманна людському мозкові, – це психологічне відображення у вигляді свідомості (відчуття, сприйняття, уявлення, поняття, судження, умовиводи).

З точки зору сучасної науки основними формами матерії є:

- система неживої природи (елементарні частинки і поля, вакуум, атоми, молекули, макроскопічні тіла, космічні системи різних порядків);
- живі системи (вся біосфера – від мікроорганізмів до людини);
- соціально-організовані системи (людина, суспільство, людство).

Таким чином, матерія – це все, з чого складається оточуючий світ, множина явищ, об'єктів і їх систем, носій всіх різноманітних властивостей, відношень, взаємодій об'єктів і форм руху. Все існуюче в природі матеріальне. Різноманіття явищ у світі являють собою різні види руху матерії.

Природничо-науковий світогляд спирається, насамперед, на основні принципи природознавства. За ступенем загальності в першу чергу можна виділити такі принципи: інваріантності, відносності, доповнюваності, відповідності, необоротності, цілісності, симетрії, інерції, далекодії, близькодії, варіаційні принципи та інші.

Визначимо найбільш важливі ідеї, які пов'язані з формулювання самих загальних принципів природи, а саме – ідеї інваріантності, відносності, доповнюваності і відповідності.

Принципи інваріантнсті тісно пов'язаний з проблемою співвідношення між абсолютною і відносною істинами. Якщо справедливість певного твердження не залежить від системи відліку, то таке твердження називають інваріантним.

Інваріантність пов'язана з симетрією і законами збереження. Якщо мова йде про дзеркальне відображення, то термін «інваріантність» замінюється терміном «симетрія». Формою вираження принципів інваріантності є закони збереження. Інваріантність щодо зміщення систем відліку виражає собою такі закони: закон збереження енергії – для зміщення в часі; закон збереження імпульсу – для зміщення в просторі; закон збереження кількості руху – для повертання.

Принцип відносності, який спочатку був сформульований Галілеєм для механічних процесів, А. Ейнштейн узагальнив і поширив на будь-які процеси: «За однакових початкових умов всі закони фізики повинні бути однаковими у всіх інерціальних системах відліку, які рухаються одна відносно одної поступально і рівномірно». Разом з принципом сталості швидкості поширення світла у всіх інерціальних системах відліку, ці два принципи стали постулатами спеціальної теорії відносності.

Принцип доповнюваності був введений Н. Бором. Згідно з цим принципом деякі поняття у фізиці є несумісними і повинні сприйматися лише як доповнюючі одне одного.

Вважається, що кількісним вираженням цього принципу є співвідношення невизначеностей, встановлене Гейзенбергом.

Важливим за глибиною методологічного тлумачення є принцип відповідності, який теж був запропонований Н. Бором: «Жодна теорія не може вважатися справедливою, якщо вона не містить у якості граничного випадку стару теорію, що описує ті ж явища, оскільки стара теорія вже виправдала себе в цій області». Зараз цьому принципу надають наступного узагальненого формулювання: «Теорії, справедливість яких встановлена для тієї чи тієї предметної області, з появою нових більш загальних теорій не відкидаються як щось помилкове, а зберігають своє значення для тієї ж області як гранична форма і частковий випадок нових теорій».

Принципи симетрії. Слово «симетрія» грецького походження. Воно означає – «співрозмірність, пропорційність, однаковість у розташуванні частини».

Поняття симетрії має певну «структуру», яка об'єднує три фактори: об'єкт або явище, симетрія яких розглядається, зміну (перетворення), по відношенню до якого розглядається симетрія; інваріантність (незмінність, збереження) певних властивостей об'єкта, що виражають розглядувану симетрію.

Які ж принципи симетрії відображаються фізичними законами?

1. Симетрія відносно переносів у часі означає, що закони природи з часом не змінюються. Симетрія фізичних законів відносно переносів у часі означає однорідність часу, тобто всі моменти часу фізично рівнозначні, будь-який з них може слугувати початком відліку.

2. Симетрія відносно переносів у просторі означає, що закони природи не залежать від вибору місця – вони однакові і в Україні, і в Британії, і в Африці… Маючи на увазі симетрію фізичних законів, мова йде про однорідність простору, тобто про фізичну рівнозначність всіх точок простору.

3. Симетрія відносно поворотів у просторі означає, що у просторі немає фізичного виділення напрямків – простір ізотропний.

4. Симетрія відносно переходу з однієї інерціальної системи в другу є не що інше, як сформульований А. Ейнштейном принцип відносності.

5. Симетрія відносно дзеркального відображення означає, що фізичні закони не змінюються за заміни лівого на праве, а правого на ліве.

Тут доречно відмітити, що закони природи неінваріантні відносно, наприклад, «перетворення подібності», тобто перетворення, пов'язаного зі зміною просторового масштабу. Геометричний принцип подібності незастосовний до фізичних законів. І. Пригожин описав процес самоорганізації у нерівноважних системах саме через порушення симетрії у точках біфуркації.

Детермінізм процесів природи. Причинно-наслідкові зв'язки.

Детермінізм у сучасній науці визначається як вчення про всезагальний, закономірний зв'язок явищ і процесів оточуючого світу. Наявність таких зв'язків є доказом матеріальної єдності світу і існування в світі загальних закономірностей. Дуже часто детермінізм ототожнюють з причинністю, але такий погляд є не зовсім послідовним оскільки причинність виступає як одна із форм прояву детермінізму.

Закони, з якими має справу класична механіка, мають універсальний характер, тобто вони відносяться до всіх без виключення об'єктів природи. Особливість цих законів полягає в тому, що передбачення, які отримані на їх основі, мають достовірний і однозначний характер.

Класична фізика основується на наступному розумінні причинності: якщо стан механічної системи в початковий момент часу з відомим законом взаємодії частинок є причина, то її стан в наступний момент часу є наслідок. Відомі такі причинно-наслідкові зв'язки: одна причина – один наслідок; складні причинні зв'язки: кілька причин – один наслідок; одна причина – кілька наслідків; прямі і опосередковані причинно-наслідкові відношення.

Основний зміст проблем детермінізму і причинності – це співвідношення динамічних і статистичних закономірностей.

Детермінізм – це вчення про об'єктивний закономірний взаємозв'язок і взаємозумовленість явищ матеріального і духовного світів. Центральним ядром детермінізму є положення про існування причинності.

Причинність – це генетичний зв'язок між окремими станами видів і форм матерії в процесі її руху і розвитку.

Ідея детермінізму полягає в тому, що всі явища і події у світі не є довільними, а підкоряються об'єктивним закономірностям, які існують поза і незалежно від їх пізнання.

Зразком детерміністичного закону є закон всесвітнього тяжіння Ньютона оскільки він забезпечує точність і достовірність передбачення припливів і відпливів, сонячних і місячних затемнень та інших явищ природи.

Поряд з такими законами з середини XIX ст. все ширше стали застосовуватися закони іншого типу. Їх передбачення не є однозначним, а є лише ймовірнісним. Ймовірнісними вони називаються тому, що висновки, які основані на них, не випливають логічно з наявної інформації, а тому не є достовірними і однозначними. Інформація за цього носить статистичний характер, а закони, які виражають ці процеси, називають статистичними законами.

Розглядаючи проблему співвідношення між динамічними і статистичними закономірностями, сучасна наука виходить з концепції домінування статистичних закономірностей. Не лише динамічні, але й статистичні закони виражають об'єктивні причинно-наслідкові зв'язки. Більше того, саме статистичні закономірності є фундаментальними, більш глибокими порівняно з динамічними закономірностями, вони яскравіше виражають названі зв'язки.

Отже, сучасну концепцію детермінізму можна сформулювати наступним чином: динамічні закони являють собою перший, нижчий етап у процесі пізнання оточуючого світу; статистичні закони більш

досконало відображають об'єктивні зв'язки в природі: вони є наступним, більш високим етапом пізнання.

В якості прикладу динамічних законів можна назвати закон Ома, який виражає залежність опору провідника від складу його речовини, площі поперечного перерізу і довжини. Цей закон охоплює множину різних провідників і виконується в кожному окремому провіднику, який входить до цієї множини (в усіх випадках справедливим є співвідношення $I = U/R$).

Статистичний же характер має, наприклад, взаємозв'язок змін тиску газу і його об'єму за сталої температури, який виявлений Бойлем і Маріоттом. Така закономірність має місце лише в масі молекул, які хаотично рухаються і складають той чи той об'єм газу.

В сучасній концепції детермінізму органічно поєднуються необхідність і випадковість. Визнання самостійності статистичних, або ймовірнісних, законів, які відображають існування випадкових подій у світі, доповнює попередню картину строгого детермінованого світу. В результаті в новій сучасній картині світу необхідність і випадковість виступають, як взаємопов'язані і доповнюючі одна одну аспекти пояснення оточуючого світу.



РОЗДІЛ 3. НАУКОВЕ ПРИРОДОЗНАВСТВО В КОНТЕКСТІ ЗНАЧЕНЬ ТА СМИСЛІВ СУЧАСНОЇ ЛЮДИНИ

3.1. Характерні ознаки сучасного природознавства

Класична і некласична стратегії природничого мислення розвивалися на основі спостережень за природою і оформилися завдяки природознавству, так що можна впевнено стверджувати, що воно збагатило скарбницю світової культури безцінним внеском – даром розуміти природу і одночасно усвідомлювати залежність характеру здобутого знання від своєї мисленнєвої позиції. У певному сенсі людина зрозуміла, що природа відкривається їй настільки, наскільки вона внутрішньо налаштована щось дізнатися про неї. Де, як не в цьому, можна побачити найяскравіший прояв єдності людини і природи, гуманітарного та природничого начал культури.

Найважливішою частиною духовної культури поряд з мистецтвом, правосвідомістю, релігією тощо, є наука.

Наука – це особлива сфера людської діяльності, яка спрямована як на отримання нових знань, так і на розробку нових методів їх отримання. Сучасна наука – це складна та різноманітна система окремих дисциплін. Наукознавці налічують їх кілька сотень.

Функції науки полягають у вирішенні теоретичних систематизованих об'єктивних знань про дійсність. Результатом науки є сума знань, які лежать в основі картини світу. Мета науки – це опис, пояснення і передбачення явищ і процесів, які відбуваються в оточуючому світі. Наукова діяльність з точки зору суспільства визначається як пізнавальна, світоглядна, методологічна, систематизуюча, виробнича і прогностична. Наука виникає як особлива форма мислення і пізнання світу.

Наука в сучасному її розумінні зароджувалася в XVI – XVII сторіччях у Європі. Новий зміст з'явився у зв'язку з наголосом на експеримент, на відміну від чисто умоглядного підходу древніх греків.

Система наук умовно ділиться на природничі науки (вивчають природу), технічні (вивчають техніку), суспільні (вивчають людське суспільство) і гуманітарні (вивчають людину). Фундаментальні науки

орієнтовані на відкриття нових принципів, законів і явищ природи. Прикладні науки вирішують практичні завдання, які виникають перед суспільством.

Природничі науки вивчають неживу і живу природу. Система природничих наук включає фізику, хімію, біологію, астрономію, географію і геологію.

Фізика – наука про неживу природу. Вивчає найпростіші (загальні) властивості матеріального світу. Хімія – наука, що вивчає перетворення речовин, які супроводжуються зміною їх складу і/або будовою. Біологія – сукупність наук про живу природу: величезне різноманіття вимерлих і тих, що живуть, живих істот, їх будову, функції, походження, поширення (розповсюдження) і розвиток. Геологія – комплекс наук про склад, будову і історію розвитку Землі і земної кори.

В загальному, наука – це єдиний всезагальний процес комплексного сприйняття світу, в якому ми зустрічаємося з протиріччями, а не з абсолютним знанням, але кількість відносного знання про світ і його якість неухильно зростає.

Сучасна наукова програма, яка претендує на загальне охоплення і пояснення всіх явищ природи, ставить своєю метою побудову наукової картини світу як загальної системи уявлень і понять у вигляді єдиної природничо-наукової теорії.

До теперішнього часу склалася стійка традиція поділу всіх дисциплін на дві великі групи: природничо-наукові та соціогуманітарні знання, у зв'язку з чим виділяють два типи наук природничі та гуманітарні. Вочевидь, що природничі і гуманітарні науки розрізняються, передусім, об'єктами дослідження: перші вивчають природу, а другі – людину і суспільство та характеризуються властивими лише їм особливостями пізнавальної діяльності. Вони відрізняються не лише об'єктом пізнання, але й засобами і методами пізнання, формами результатів пізнання, стилем мислення і методологічними установками. Сукупність систем цінностей, ідеалів, стилів мислення, методологічних установок,

властивих окремим дисциплінам та їх комплексам, називають науковою культурою.

Розрізняють форми культури природничо-наукового та гуманітарного пізнання. Так виникло і набуло широкого розповсюдження уявлення про «дві форми культури» в науці – природничо-наукової та гуманітарної. Природничо-наукова форма культури – це система знань про природу.

Гуманітарна форма культури – це система знань про позитивно значущі цінності буття людини, соціальних верств, держави, людства.

Беручи до уваги ту обставину, що розвиток природознавства у XX ст. пов'язаний з глобальною математизацією науки, що призвело до успішного застосування математичного моделювання для опису явищ і природних процесів, і на цій основі отримані видатні досягнення та відкриття, природничі науки набули статусу «точних наук», а природознавство – статусу «точного знання». Відповідно гуманітарні науки у масовій свідомості перейшли до розряду «неточних наук».

Специфіка природничо-наукової форми культури полягає в тому, що знання про природу відчужене від дослідника. Останній перебуває ніби поза сферою знання, стороннім спостерігачем. Тому природниче знання може постійно вдосконалюватися: на зміну одному досліднику природи приходить другий, потім третій і т.д. Одні і ті ж природничо-наукові закони можуть відкриватися різними вченими, можуть бути «синтетичними», тобто включати в себе кілька різних відкриттів.

У той же час природничо-наукове знання стає дедалі більш спеціалізованішим, у багатьох випадках недоступним для представників інших спеціальностей. У зв'язку з цим широкого розповсюдження набула науково-популярна література, яка неначе «перекидає місток» між повсякденною свідомістю і вузькоспеціалізованим науковим знанням.

Коли виникли та відокремилися окремі науки про природу, то визрівання подібних ідей не те щоб загальмувалося, але перейшло у латентну (приховану) фазу. Довгий час вони формувалися приховано,

тому що паралельно йшов незалежний процес накопичення та осмислення того, що відбувається в природі. Мультидисциплінарні ідеї набували плоті паралельно з множенням конкретних знань.

Гуманітарна форма культури орієнтована на загальнолюдські цінності, такі як гуманізм, демократія, мораль, права людини тощо. Але дослідник цієї культури перебуває всередині розглядуваних проблем. Філософські системи, різні релігії, філологічні дослідження тощо включають у себе особливості, властиві їх творцю. Все його життя часто нерозривно вплетене в «тканину» цих систем, релігій тощо. Тому і методи дослідження, що використовуються в галузі гуманітарного знання, разюче відрізняються від природничо-наукових і зводяться переважно до інтерпретацій, тлумачень, порівнянь.

Поступово між двома типами наук і форм культур утворилася «наукова прірва», яка поступово розширювалася, і вчені, які присвятили себе вивченню природничих та гуманітарних наук, стали дедалі менше розуміти один одного. Виникла небезпечна тенденція розколу наукової інтелектуальної еліти сучасного суспільства.

На щастя, в останні десятиріччя процес конфронтації двох типів наук став змінюватися їх зближенням, а в деяких випадках і процесами інтеграції.

Сама диференціація наук за предметами вивчення виникла порівняно недавно. У давнину існувала єдина наука про природу. Вона називалася «натурфілософія». На природу дивилися як на єдину сутність, і тому це була одна наука.

Згодом у зв'язку з розширенням практичних потреб людини з'явився спектр окремих наук про природу. Спочатку астрономія та небесна механіка, потім механіка земних рухів, далі вчення про теплоту. Виник спектр міждисциплінарних наук, таких як біофізика, біохімія, фізична хімія та ін. через специфічні предмети дослідження. За вивчення суміжних явищ виникли методи суміжних наук, у яких з'явилася нова тенденція, яка полягає в інтеграції наукового знання, бо багато наук породжувало більше незнання, специфічність окремих наук та їхньої мови. Створюються фізична, хімічна, біологічна та інші

картини світу, кожна з яких має свої межі. Так і прийшли до парадоксальної ситуації вивчення єдиної природи частинами, які аж ніяк не здатні природним чином до взаємного проникнення та взаєморозуміння. Це сталося через відхід від єдиного предмета та об'єкта, як би його не називали.

Сума конкретно-наукових картин не дає цілісної картини природи і не лише через неконтрольовану взаємодію в природі та «нічийні території» (суміжних предметів) різних наук, скільки в тому, що такий підхід та тенденції до диференціації і інтеграції залишають за межами наших формалізованих знань великі масиви тих знань, умінь та володінь, які ніби «викидають з водою й дитину».

Необхідно усвідомлювати, що сучасне природознавство як мультидисциплінарна наука зовсім не зводиться до сукупності знань, отриманих в окремих науках. Воно використовує ці знання, але особливим чином. Тут мається на увазі вищий рівень інтеграції, посилення взаємопроникнення, ніж за традиційного міждисциплінарного синтезу, саме мультидисциплінарний синтез, породжує взаємопроникнення наук, взаємопосилення підсумкового пізнавального результату. Справа в тому, що сучасне природознавство – це мультидисциплінарна наукова галузь знання, яка призначена для формування умінь та володінь людини, яка є частиною природної та штучної природи. Цим визначається його спрямованість на пошук єдиних, універсальних закономірностей природи, втілених в об'єднуючих ідеях і уявленнях, які визнані у всіх природничих науках. Тож для становлення сучасного природознавства необхідний дуже високий рівень розвитку окремих наук.

Зараз ще не можна сказати, що його досягнуто, тому сучасне природознавство перебуває у стадії формування своїх фундаментальних парадигм (систем основоположних уявлень), коли об'єднуючою ідеєю, наприклад, слугує синергетична парадигма фундаментальності.

Інша найважливіша особливість сучасного природознавства пов'язана з тим, що осмислення накопиченого знання неможливе без

дослідження процедур його отримання, тобто знання історії науки та техніки. Вони принципово впливають на результати, формуючи ту чи ту стратегію наукового мислення. Однак зараз відзначимо, що на цьому рівні сучасне природознавство інтегрує не лише сукупні знання про природу, але й повертає дослідника в новий діалог із природою на фундаментальному рівні без його відторгнення. Людина не протиставляється світові природи, а розглядається як його органічна частина.

У XX ст. на основі некласичної стратегії природничо-наукового мислення зародилася нова некласична наукова ментальність, головний сенс якої – відображення світу не у вигляді адитивної безлічі об'єктів, явищ і типів, форм культур, а у вигляді складної нелінійної (мультидисциплінарної) системи взаємодії частин і цілого. Завдяки їй світ у нашій свідомості набуває цілісності, тобто стає принципово не подільним на окремі фрагменти. Він наповнюється внутрішньою гармонією всупереч зовні розрізненим та неоднозначним проявам. За багатогранністю і різноманіттям об'єктів та процесів нашому розумінню відкривається складність відкритого нелінійного світу.

У розумінні сказаного вище полягає інноваційна культура як специфіка мислення сучасної освіченої людини. Завдяки системі освіти ці якості особистості мають формуватися та відтворюватись у наступних поколіннях. Тим більше прикро, що сучасна система освіти фактично не виконує цієї місії, тобто не формує інноваційної та інтелектуальної культури у процесі навчання, виховання та розвитку. Навіть у «Болонському процесі», який базується на двоступінчастій освіті «бакалавр-магістр» утворюються східці компетенцій: знати, вміти, володіти, бути, неначе перевернувши пізнання з ніг на голову і відокремивши його, тобто суб'єкта пізнання (людину), від об'єкта (природи).

Стародавні люди за влучним висловом П. Флоренського розуміли, що «перш ніж хотіти, треба бути»: у єдності з природою і пізнавати, не відриваючись від неї. Отже, чого варта така освіта, яка, по суті, має на увазі «буття після становлення». За алгоритмом І.

Пригожина новий діалог людини і природи має йти «від буття до становлення, від існуючого до того, що виникає», тобто осягнення природи на фундаментальному рівні без відторгнення. Тобто метою розуміння повинно бути не володіння, а обладання, яке притаманне суб'єкту, що пізнає на всіх стадіях, оскільки «знання дійсно стає силою, коли через володіння призводить до самовладання». Таким чином, східці компетенцій повинні бути такі: бути, (якщо не будеш, то й не станеш), знати, вміти, обладати. Що може бути вище за це? Володіти (оволодіти можна і силою) не обладаючи це тимчасово, оскільки силу і владу можна втратити, а «обладати, володіючи» це не можна втратити, відібрати, купити і т.д., оскільки це є атрибутом, внутрішньою сутністю освіченої інтелігентної людини.

Класична ментальність більше відповідає грубому повсякденному досвіду людини, тому її становлення відбувається без особливих труднощів, неначе самовільно. Незважаючи на це, наша освіта від школи до університету побудована так, що левова частка зусиль (явних та неявних) витрачається саме на її вдосконалення. За цього для іншого вже не залишається часу, і більшість студентів університетів виявляються власниками переважно класичного, а не синергетичного стилю мислення. Резонно все ж таки поставити питання: а чи так це вже небезпечно?

Нам здається, що це небезпечно з таких причин. По-перше, така особистість духовно обділена – вона має уявлення лише про частину світу, тому що некласична його сторона назавжди прихована від неї. По-друге, домінування класичного підходу у викладанні налаштовує на сприйняття природних та соціальних процесів як певного порушення здорового глузду, як екзотичного відступу від норми, що вимагає для свого пояснення особливих, специфічних теорій. За подібними уявленнями криється не лише загальна наукова малограмотність, яка не повинна проявлятися в освіченої людини. Це може призвести й до професійної неспроможності, оскільки інноваційна культура визначає успішність діяльності в будь-якій сфері. По-третє, подібні реакції до того ж викликають і психологічний дискомфорт – адже зустрічаючись із несподіваними

для класичного світогляду фактами, людина відчуває емоційний та інтелектуальний стрес замість того, щоб сприйняти їх як природний прояв некласичності, нелінійності навколишнього світу.

Найкращим тренувальним полем для оволодіння некласичною стратегією мислення є процес освоєння знань у природничо-науковій галузі.

Людське суспільство вступило у сторіччя панування принципово нових, високих технологій у різних сферах діяльності. І цілком природно, що новому, вищому рівню цивілізації має відповідати новий, більш високий рівень розвитку людини і людського суспільства в цілому в їх взаємодії з природою. Виникає завдання цілісного, гармонійного розвитку духовних та матеріальних сил людини. А шлях до його вирішення – у єднанні та інтеграції природничих та гуманітарних знань, шлях до єдиної (інноваційної) культури.

3.2. Інтеграція як провідна тенденція сучасного природознавства

В освіті здійснюється перехід від «знаннєвої» до «компетентнісної» моделі, до нових технологій формування і розвитку системно-креативного мислення. Ця напружена робота з теоретичного і методичного осмислення процесу зміни парадигми шкільної освіти увійшла в фазу вироблення конкретних вимог до всієї постнекласичної дидактики шкільної освіти. Однією з таких вимог проглядається необхідність інтеграції навчальних дисциплін, зокрема, природничо-наукового циклу.

Зараз вимоги до рівня підготовки випускника пред'являються у формі компетенцій. Обов'язковими компонентами будь-якої компетенції є відповідні знання і уміння, а також особистісні якості випускника. Синтез цих компонентів, який виражається в здатності застосовувати їх у професійній діяльності, становлять сутність компетенції.

Отже, інтегральним показником досягнення якісно нового результату, який відповідає вимогам до сучасного учителя, виступає

компетентність випускника університету. Оволодіння сукупністю універсальних (завдяки інтегральному підходові до викладання) і професійних компетенцій дозволить випускнику виконувати професійні обов'язки на високому рівні. Необхідно шляхом інтеграції навчальних дисциплін, використовуючи активні методи та інноваційні технології, які привчають до самостійного набуття знань і їх застосування, допомагати як формуванню практичних навиків пошуку, аналізу і узагальнення потрібної інформації, так і набуттю досвіду саморозвитку і самоосвіти, самоорганізації і самореалізації, сприяти становленню і розвиткові відповідних компетенцій, актуальних для майбутньої професійної діяльності учителя.

Стосовно обговорюваних проблем, то в результаті вивчення циклу природничих дисциплін випускник повинен знати фундаментальні закони природи неорганічної і органічної матерії, біосфери, ноосфери, розвитку людини; уміти оцінювати проблеми взаємозв'язку індивіда, людського суспільства і природи; володіти навиками формування загальних уявлень про матеріальну першооснову Всесвіту. Звичайно, що забезпечити такі компетенції, будь-яка, окремо взята природнича наука, не в змозі. Шлях до вирішення цієї проблеми лежить через їх інтеграцію, тобто через оволодіння масивом сучасних природничо-наукових знань як цілісною системою і набуття відповідних професійних компетенцій на основі фундаментальної освіти.

Когнітивною основою розвитку загальнонаукових компетенцій є наукові знання з тих розділів дисциплін природничо-наукового циклу ЗВО, які перетинаються (перекриваються) між собою. Тобто, успішність їх розвитку визначається рівнем міждисциплінарної інтеграції вказаних розділів. Загально відомо, що найбільшим інтеграційним потенціалом природничо-наукового циклу володіє загальний курс фізики, оскільки основні поняття, теорії і закони фізики широко представлені і використовуються у більшості інших загальнонаукових і вузько-прикладних дисциплін, що створює необхідну базу для розвитку комплексу загальнонаукових компетентностей.

У той же час визначальною особливістю структури наукової діяльності на сучасному етапі є розмежування науки на відносно відособлені один від одного напрями, що відображається у відокремлених навчальних дисциплінах, які складають змістове наповнення навчальних планів різних спеціальностей у ЗВО. До деякої міри це має позитивний аспект, оскільки дає можливість більш детально вивчити окремі «фрагменти» реальності. З іншого боку, за цього випадають з поля зору зв'язки між цими фрагментами, оскільки в природі все між собою взаємопов'язане і взаємозумовлене. Негативний вплив відокремленості наук вже в даний час особливо відчувається, коли виникає потреба комплексних інтегрованих досліджень оточуючого середовища. Природа єдина. Єдиною мала б бути і наука, яка вивчає всі явища природи.

Наука не лише вивчає розвиток природи, але й сама є процесом, фактором і результатом еволюції, тому вона й має перебувати в гармонії з еволюцією природи. Збагачення різноманітності науки повинно супроводжуватися інтеграцією і зростанням упорядкованості, що відповідає переходу науки на рівень цілісної інтегративної гармонічної системи, в якій залишаються в силі основні вимоги до наукового дослідження – універсальність досліду і об'єктивний характер тлумачень його результатів.

У даний час загальноприйнято ділити науки на природничі, і гуманітарні, математичні та прикладні. До основних природничих наук відносять: фізику, хімію, біологію, астрономію, геологію, фізичну географію, фізіологію людини, антропологію. Між ними є чимало «перехідних», або «суміжних» наук: астрофізика, фізична хімія, хімічна фізика, геофізика, геохімія, біофізика, біомеханіка, біохімія, біогеохімія та ін., а також перехідні від них до гуманітарних і прикладних наук. Предмет природничих наук складають окремі ступені розвитку природи або її структурні рівні.

За умови інтенсифікації наукової діяльності посилюється увага до проблем інтеграції науки, особливо до взаємодії природничих, технічних, гуманітарних («гуманітаризація освіти») та соціально-економічних наук. Розкриття матеріальної єдності світу вже не є

привілеями лише фізики і філософії, та й взагалі природничих наук; у цей процес активно включилися соціально-економічні і технічні науки. Матеріальна єдність світу в тих галузях, де людина перетворює природу, не може бути розкритою лише природничими науками, тому що взаємодіюче з нею суспільство теж являє собою матерію, вищого ступеня розвитку. Технічні науки, які відображають закони руху матеріальних засобів людської діяльності і які є тією ланкою, що у взаємодії поєднує людину і природу, теж свідчать про матеріальність засобів людської діяльності, з допомогою яких пізнається і перетворюється природа. Тепер можна стверджувати, що доведення матеріальної єдності світу стало справою не лише філософії і природознавства, але й всієї науки в цілому, воно перетворилося у завдання загальнонаукового характеру, що й вимагає посилення взаємозв'язку та інтеграції перерахованих вище наук.

Звичайно, що найбільший внесок у цю справу робить природознавство, яке відповідно до характеру свого предмета має подвійну мету: а) розкриття механізмів явищ природи і пізнання їх законів; б) з'ясування і обґрунтування можливості економічно безпечного використання на практиці пізнаних законів природи.

Інтеграція природничо-наукової освіти передбачає застосування впродовж всього терміну навчання загальнонаукових принципів і методів, які є стержневими. Для змісту інтегративних природничо-наукових дисциплін найбільш важливими є принцип доповнюваності, принцип відповідності, принцип симетрії, метод моделювання та математичні методи.

Вважаємо за доцільне звернути особливу увагу на метод моделювання, широке застосування якого найбільш характерне для природничих наук і є необхідною умовою їх інтеграції. Необхідність застосування методу моделювання в освітній галузі «природознавство» очевидна у зв'язку зі складністю і комплексністю цієї предметної галузі. Без використання цього методу неможлива інтеграція природничо-наукових знань. У процесі моделювання об'єктів із області природознавства, що мають різну природу, якісно нового характеру набувають інтеграційні зв'язки, які об'єднують

різні галузі природничо-наукових знань шляхом спільних законів, понять, методів дослідження тощо. Цей метод дозволяє, з одного боку, зрозуміти структуру різних об'єктів; навчитися прогнозувати наслідки зовнішнього впливу на об'єкти дослідження і керувати ними; встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між явищами; з іншого боку – оптимізувати процес навчання, розвивати загальнонаукові компетенції.

Фундаментальна підготовка студентів з природничо-наукових спеціальностей неможлива без послідовного і систематичного формування природничо-наукового світогляду у майбутніх фахівців.

Науковий світогляд – це погляд на Всесвіт, на природу і суспільство, на все, що нас оточує і що відбувається у нас самих; він проникнутий методом наукового пізнання, який відображає речі і процеси такими. якими вони існують об'єктивно; він ґрунтується виключно на досягнутому рівні знань всіма науками. Така узагальнена система знань людини про природні явища і її відношення до основних принципів буття природи й складає природничо-науковий аспект світогляду. Отже, світогляд – утворення інтегральне і ефективність його формування прямо залежить від ступеня інтеграції всіх навчальних дисциплін. Адже до складу світогляду входять і відіграють у ньому важливу роль такі узагальнені знання, як повсякденні (життєво-практичні), так і професійні та наукові.

Вищим рівнем асоціативних зв'язків є міждисциплінарні зв'язки, які повинні мати місце не лише у змісті окремих навчальних курсів. Тому, сучасна тенденція інтеграції природничих наук і створення спільних теорій природознавства зобов'язує викладацький корпус активніше упроваджувати міждисциплінарні зв'язки природничо-наукових дисциплін у навчальний процес ЗВО, що позитивно відобразиться на ефективності його організації та підвищенні якості навчальних досягнень студентів.

Підсумовуючи вище викладене, можна зробити наступні висновки:

- однією з особливостей компетентісного підходу, що відрізняє , його від знаннєво-центрованого, є зміна функцій підготовки учителів з окремих дисциплін, які втрачають свою традиційну самодостатність і стають елементами, що інтегруються у систему цілісної психолого-педагогічної готовності випускника до роботи в умовах сучасного загальноосвітнього навчального закладу;
- інтеграційні процеси, які так характерні для сучасного етапу розвитку природознавства, обов'язково мають знаходити своє відображення в природничо-науковій освіті на рівні як загальноосвітньої, так і вищої школи. Майбутнім педагогам необхідно усвідомлювати взаємозв'язок і взаємозалежність наук, щоб вони могли підготувати своїх учнів до роботи в сучасних умовах інтеграції наук;
- учителям біології, хімії, географії необхідно володіти методами дослідження об'єктів природи, переважна більшість яких базується на законах фізики і передбачає уміння працювати з фізичними приладами. Крім того, саме фізика створює основу для вивчення різноманітних явищ і закономірностей, які складають предмет інших природничих наук;
- інтеграція природничо-наукових дисциплін дозволить розкрити у процесі навчання фундаментальну єдність системи «природа – людина – суспільство», значно посилить інтерес студентів до вивчення цього циклу дисциплін, дасть можливість інтенсифікувати навчальний процес і забезпечити високий рівень якості його результатів.

3.3. Соціалізація природничо-наукового знання

3.3.1. Природничо-наукова картина світу і сучасність.

Вироблення нової НКС завжди було своєрідним переворотом у духовному житті того чи того суспільства і навіть всього людства, який зумовлювався не лише нагромадженням нового пізнавального досвіду, а й певними соціальними змінами. Якими ж причинами зумовлюється необхідність вироблення сучасної НКС? Вважаємо, що таких причин можна назвати кілька.

Першою з цих причин є, безумовно, необхідність інтеграції (узагальнення, ущільнення, систематизації) велетенських масивів нової наукової інформації, що швидко збільшується за умов сучасної НТР внаслідок розширення і зростання спеціалізації наукових досліджень.

Другою важливою причиною необхідності вироблення сучасної НКС є ті зміни, що відбуваються в самому суспільстві. Зростання взаємозалежності різних країн і народів, перетворення людства в єдиний суб'єкт Історії і у зв'язку з цим необхідність зміцнення його видової солідарності і співпраці всіх людей для розв'язання глобальних проблем, вимагають нового бачення можливих форм взаємодії людини і світу, природи і суспільства, вироблення нових (як наукових, так і ціннісних) орієнтирів у стратегії виживання сучасного людства. «Людині потрібна нова концепція світу, відзначає відомий фінський вчений П. Куусі, – їй необхідно з'ясувати, яким чином вона мусить перебудувати свою поведінку, щоб, продовжуючи використовувати природні ресурси, не порушувати законів екології. Єдине розв'язання цієї проблеми полягає у створенні нового уявлення про світ, нової інформаційної структури».

Які ж можливості на зараз є для побудови такої нової картини світу? І які духовні ресурси можуть бути для цього задіяні?

Насамперед, звичайно, сучасна НКС повинна розроблятися на основі досягнень науки. Але, по-перше, вона не повинна зводитися лише до природничо-наукової КС, тому що без представлення в ній людини й суспільства вона буде не лише неповною, але й малоефективною, неспроможною належним чином виконувати свою орієнтуючу, регулятивну, сенсоутвоюючу та інші важливі функції. По-друге, необхідно пам'ятати, шо всеохоплююча раз і назавжди закінчена система пізнання природи й історії суперечить основним законам діалектичного мислення, тому кожне мислительне відображення світової системи залишається обмеженим, воно завжди оточується густою сіткою гіпотез. Тому не випадково, що вчені, які знаходяться сьогодні на передових рубежах науки, стверджують ,що ми лише починаємо розуміти рівень природи, на якому живемо. Будь-

яка НКС базується на певних методологічних засадах, які забезпечують її цілісність, але виробляються вони за межами самої науки чи незалежно від неї. Дослідження різних НКС свідчать про те, що в якості таких засад використовуються насамперед загальні уявлення або поняття про «першооснову» (першопричину, першопочаток) всього існуючого і про всезагальні зв'язки. Так, у міфологічній КС – це уявлення про першопредків і всезагальні родинні зв'язки; у релігійній КС – про Бога-творця і Боже провидіння; у науково-філософських КС – це поняття про матерію і свідомість і всезагальні закони їх існування та розвитку.

Усе це свідчить про те, що наукові знання можуть слугувати лише одним (але не єдиним!) із засобів створення сучасної НКС поряд з іншими формами соціального досвіду: філософією, мистецтвом і навіть релігією. У зв'язку з цим дуже важливими є думки, висловлені ще на початку минулого сторіччя В.І. Вернадським. Відтворення світу в усій його повноті і складності, вважав вчений, це лише далекий ідеал, до якого прагне наука. У дійсності ж у кожну епоху «істинне» і «правильне» тісно переплітається з позанауковими елементами, які увійшли в нього з релігії, філософії, мистецтва і самого життя, або є своєрідними «риштуваннями» у створенні наукової будівлі. Ця будівля складається з окремих відомих нам наукових істин, з поглядів, виведених науковим шляхом, шляхом дослідження матеріалу, історично засвоєного науковою думкою, з концепцій релігії, філософії, життя, мистецтва, що увійшли в науку ззовні, – концепцій, оброблених науковим методом; з іншого боку до неї входять різноманітні чисто фіктивні творіння людської думки – «риштування» наукового пошуку. Тому науковий світогляд завжди розвивається у тісній взаємодії з іншими сторонами духовного життя людства: у сфері релігії, філософії, мистецтва, суспільної психології тощо, які тісно сплетені поміж собою і можуть бути розділені лише в уяві. А це означає, що вони не виключають, а взаємодоповнюють одна одну.

Ці погляди досить вірно відображають багатоаспектність духовного освоєння людиною дійсності, яке не зводиться лише до її пізнання, а включає також її ідеалізацію, різні форми оцінювання, сенсоутворення тощо. Але у зв'язку з цим виникає й чимало складних проблем, які стосуються механізмів і форм органічного поєднання різних видів соціального досвіду і які ще чекають свого дослідження. Наразі ж вважається, що найбільш синтетичною формою духовного освоєння дійсності є «світогляд» як вища форма людської самосвідомості, пізнавальною основою якого є НКС. Тому її вироблення не може відбуватися ізольовано від формування інших сторін (частин) сучасного світогляду. Оскільки ж цей світогляд повинен сьогодні виконувати функції загальнолюдської самосвідомості (а не просто окремих етнічних чи соціальних спільнот), то для того, щоб виконувати щодо людства в цілому свою інтегруючу функцію, він неодмінно має бути плюралістичним, тобто допускати можливість співіснування у ньому різних розумінь світу (КС), які рівною мірою можуть слугувати вихідною світоглядною основою обґрунтування сучасних загальнолюдських інтересів, цілей та цінностей.

3.3.2. Розвиток наукового знання як синергетичний процес

1. Зображуючи єдині механізми структурогенезу, синергетика виявляється суспільною природничою теорією становлення та розвитку матеріальних структур.

2. У складних системах, що саморозвиваються, часто відбуваються процеси, що призводять до різних результатів. Насамперед у системі можуть виникнути якісно нові структури, спостерігається розширення структуризації (коли вона охоплює все більше компонентів), а нерідко і її поглиблення (коли відношення між її компонентами стають чіткими, строгими, формалізованими).

3. Проблема механізмів творчого мислення перетворилася нині на актуальну проблему математичного та технічного моделювання. І хоча творчість повністю не може бути формалізованою, проте програми в галузі створення штучного

інтелекту, особливо в частині автоматичного висунення гіпотез, суттєво просунули нас у розумінні природи творчих актів, механізмів еволюції людського пізнання.

4. Еволюція теоретичного знання, висунення нових наукових гіпотез, сформульованих у межах наявних теорій, або які знаменують перехід до нової теорії – це процес, який є цілком раціональним у всіх його ланках, оскільки:

а) значна частина його протікає в області підсвідомого;

б) він включає випадкові кроки.

Присутність елементів випадковості у творчому процесі, мисленні не виключає застосування наукових методів, не знецінює їх, а лише змушує систематично використовувати випадковість керувати цим процесом.

5. Уявлення про конструктивну роль випадковості в еволюції наукового знання, особливо на етапах переходу від одних наукових парадигм до інших, добре узгоджується з динамікою систем, що самоорганізовуються, що призвело до розуміння загальних механізмів спонтанного утворення високоупорядкованих структур з менш впорядкованих.

6. Самоорганізація складних систем у ході їх адаптації до зовнішнього та внутрішнього середовища здійснювалася методом випадкових проб та детермінованого відбору:

- у біологічній еволюції – шляхом мутацій та природного відбору за критеріями пристосування;
- у техніці – методом проб та штучного відбору за критеріями ефективності;
- у науці – шляхом висунення гіпотез і їх відбору за критеріями істинності.

Звісно, висування гіпотез не є продуктом суто випадкової комбінації ідей. Нова гіпотеза не повинна суперечити відомим фактам, а певне коло фактів має випливати з неї. Вона також не має суперечити перевіреним практикою теоретичним положенням. Але нова теорія не виводиться зі старої та нових фактів. Вона не здійснює

функції, які б дозволяли старим теоріям однозначно передбачати зміст нової теорії. Майбутнє науки в принципі непередбачуване.

3.3.3. Синергетика та соціальний розвиток

Самоорганізація матерії, що призводить до становлення життя та його подальшого розвитку, є складним екологічним процесом. Спочатку він пов'язаний з комплексом невіддільних від довкілля хімічних реакцій і фізичних взаємодій. Потім синергетика включає в себе і взаємопов'язані і взаємозалежні етапи детермінації, тобто виникнення якісної своєрідності частин організму, що розвивається, а також етапи регуляції та управління, які призводять до самодетермінації систем, що розвиваються.

Особливо суттєві ці тенденції у соціальному розвитку. Оптимізація соціального розвитку потребує розумного поєднання планово-централістських та економічних поглядів. Саме економічні методи, що базуються на ринкових механізмах попиту та пропозиції, дозволяють запровадити елемент самоорганізації у розвиток економіки та блокувати тенденції жорстких, однозначно визначених суб'єктивних розпоряджень. У політичному сенсі синергетика пов'язана з демократизацією прийняття та здійснення рішень і плюралізмом думок (гласністю). У процесі самоврядування має відбуватися широке залучення мас.

3.3.4. Синергетика та сучасне бачення світу

Що стосується сучасного бачення світу, то цікаво відзначити, що космологія тепер розглядає всю світобудову як безладне середовище, в якому викристалізовується порядок. Нові дослідження показали, що на кожен мільярд теплових фотонів, які перебувають у безладді, знаходиться, принаймні, одна елементарна частинка, яка здатна стимулювати в цій множині фотонів перехід до впорядкованої структури. Так, порядок та безладдя співіснують як два аспекти єдиного цілого і дають нам різне бачення світу.

В даний час поширення набули уявлення про становлення порядку через хаос, про біфуркаційні зміни та нестійкості як

фундаментальні характеристики еволюційних процесів. Поняття «нестабільність» почало відігравати величезну роль у контексті синергетичного світогляду. Поняття нестабільності дозволило ввести у поле зору природознавства людську діяльність, давши таким чином можливість повніше включати людину в природу.

Синергетика детермінує:

- введення нестабільності в картину сучасної світобудови стало можливим завдяки поєднанню низки наукових експериментальних та теоретичних відкриттів;
- відкриття нерівноважних структур, що виникають як результат незворотних процесів і в яких системні зв'язки встановлюються самі собою;
- ідею конструктивної ролі часу, що випливає з відкриття нерівноважних структур, появу нових ідей щодо динамічних, нестабільних систем;
- відкриття області елементарних частинок, які продемонстрували фундаментальну нестабільність матерії;
- космологічні відкриття, які констатують, що світобудова має історію.

Все вище перераховане призводить до того, що наше сприйняття стає двоїстим, дуалістичним і стержневим моментом у такому сприйнятті стає уявлення про нерівноважність, яка відкрила можливості для виникнення унікальних подій, оскільки спектр можливих способів існування об'єктів у цьому випадку значно розширюється.

Лише у нерівноважній системі можуть мати місце унікальні події та флуктуації, ню сприяють цим подіям, а також відбувається розширення масштабів системи, її чутливості до зовнішнього світу і, нарешті, з'являється історична перспектива, тобто, можливість появи інших, досконаліших форм організації.

Навколишнє середовище, клімат, екологія, наша нервова система можуть бути краще зрозумілі у світлі описаних уявлень, що враховують як стабільність, так і нестабільність. Однак визнання нестабільності не означає, що навколишній світ не піддається

науковому вивченню. Воно є неначе запрошенням до нових теоретичних і експериментальних досліджень, що беруть до уваги специфічний характер цього світу. Людство не може повністю контролювати навколишній світ нестабільних об'єктів та феноменів, як не може повністю контролювати і соціальні процеси.

Однак у цьому світі, заснованому на нестабільності та творчості, людство знову постає у центрі законів світобудови. Багатоваріантне бачення світу, яке лежить в основі науки, розкриває перед людством можливість вибору, що означає певну етичну відповідальність.

Усі перелічені вище моменти є частиною теорії самоорганізації – синергетики. Стосовно проблем світобачення, нестабільності, то можна сформулювати такі положення синергетики:

- стає очевидним, що складноорганізованим системам не можна нав'язувати шляхи розвитку. Скоріше необхідно зрозуміти, як сприяти їх власним тенденціям розвитку та виводити системи на ці шляхи. Важливо у найбільш загальному плані зрозуміти закони спільного життя природи та людства, їхньої коеволюції (спільної еволюції). Проблема керованого розвитку набуває форми проблеми самоврядного розвитку;
- синергетика демонструє нам, як і чому хаос може виступати в якості творчого начала, конструктивного механізму еволюції, як із хаосу власними силами може розвиватися нова організація. У відповідні моменти – моменти нестійкості – малі збурення (флуктуації) можуть розростатися до розмірів макроструктури. З цього випливає, що дії окремої людини не безплідні, вони не завжди повністю «розчинені», нівельовані у соціальному розвитку суспільства. В особливих станах нестійкості соціального середовища дії кожної окремої людини можуть впливати на макросоціальні процеси. Звідси випливає необхідність усвідомлення кожною людиною величезної відповідальності за долю всієї соціальної системи, всього суспільства;
- для складних систем зазвичай існує кілька альтернативних шляхів розвитку. Неєдиність еволюційного шляху, відсутність жорсткої зумовленості звужують основу для песимістичних настроїв.

Хоча шляхів еволюції (цілей розвитку) багато, у точках розгалуження, які називають точками біфуркації, на певних стадіях еволюції проявляється певна зумовленість розгортання процесів. Теперішнє системи визначається не лише минулим, її історією, а й будується, формується з майбутнього у відповідності з прийдешнім порядком. Що ж до людини, то саме явні, усвідомлені та приховані підсвідомі установки визначають її поведінку сьогодні;

- синергетика відкриває нові принципи суперпозиції, принципи збирання складного еволюційного цілого з частин, принципи побудови складних структур, що розвиваються з простих. Об'єднання структур не зводиться до їх простого додавання: має місце перекриття областей локалізації структур із дефектом енергії. Ціле вже не дорівнює сумі частин, але воно не більше і не менше суми частин: воно якісно інше. З'являється і новий принцип узгодження елементів у цілому: відбувається встановлення загального темпу розвитку частин, що входять у ціле (наприклад, співіснування структур різного віку в одному темпосвіті);
- синергетика дає знання про те, як належним чином оперувати та ефективно керувати складними системами. Виявляється, головне – не сила, а правильна топографічна конфігурація, архітектура впливу на складну систему чи середовище. Малі, але правильно організовані – резонансні впливи – на складні системи, надзвичайно ефективні;
- синергетика розкриває закономірності та умови перебігу швидких лавинних процесів та процесів нелінійного, самостимулюючого зростання. Важливо зрозуміти, яким чином можна стимулювати такі процеси у відкритих нелінійних середовищах.

3.3.5. Природознавство як наукова база сучасної техніки і технологій

Нинішня реформа національної системи освіти передбачає модернізацію всіх її ланок. Значну увагу за цього передбачається приділити удосконаленню навчально-виховного процесу, що

сприятиме залученню суб'єктів навчання до активної навчально-дослідницької та наукової діяльності. Основним результатом діяльності освітнього закладу вважається не система знань, умінь і навиків сама по собі, а набір ключових компетентностей особистості набутих на їх основі в інтелектуальній, природничо-науковій, техніко-технологічній, інформаційній, комунікаційній, громадсько-правовій та інших сферах.

Специфікою освітньої галузі «Природознавство» є її інтегративне змістове наповнення, яке поєднує в собі як фундаментальні, так і низку прикладних наук, імплементованих у формі навчальних дисциплін. Базою такої інтеграції є фізика як одна з фундаментальних і найбільш систематизованих природничих наук, і в основі якої лежить експеримент.

Експеримент є фундаментальною базою природознавства, найбільш ефективним і дієвим засобом пізнання оточуючого світу. Багато експериментальних досліджень спрямовані не лише на досягнення природничо- наукової істини, але й на розробку технологій виробництва нових видів різноманітної продукції, що підтверджує практичну спрямованість експерименту як безпосереднього способу відпрацювання і удосконалення будь-якого технологічного циклу.

Експериментальні засоби за своїм змістом можна умовно поділити на три основні групи, які відрізняються за своїм функціональним призначенням. Це можуть бути системи, що містять досліджуваний об'єкт із заданими властивостями; системи, які забезпечують можливість впливу зовнішніх умов (температури, тиску, електричних і магнітних полів, різних випромінювань тощо) па досліджуваний предмет; складну комплексну вимірювальну систему, яка складається з великої кількості приладів.

На теперішній час експериментальні методи і технічні засоби сучасних природничо-наукових досліджень досягли високого ступеня досконалості. Переважна більшість з них ґрунтуються на фізичних принципах і законах. Проте їх практичне застосування виходить далеко за рамки фізики: вони широко застосовуються в хімії, біології

і багатьох інших суміжних і прикладних природничо-наукових галузях.

Так, у процесі викладання студентам відповідних розділів фізики звертається увага, як з появою лазерної техніки, комп'ютерів, спектрометрів та інших широко функціональних приладів і установок, з'явилася можливість експериментального дослідження невідомих раніше явищ природи, властивостей матеріальних об'єктів, швидкоплинних фізичних, хімічних і біологічних процесів, розробки на їх основі відповідних технологій і впровадження їх у виробництва.

Зокрема, розкриваючи принципи індукованого випромінювання світла, виокремлюємо чотири напрямки розвитку лазерної техніки, які є важливими для експериментального вивчення багатьох природних процесів: це – розробка лазерів здатних змінювати довжину хвилі випромінювання; створення лазерів з частотами випромінювання невидимих ділянок спектра (зокрема, ультрафіолетової і інфрачервоної); скорочення тривалості імпульсу лазерного випромінювання до 10^{-18} *с*; збільшення потужності випромінювання лазерів.

Чим ширший спектр випромінювання лазера, тим він цінніший. Сучасні лазери, які можуть змінювати довжину хвилі, охоплюють спектр – від ближньої ультрафіолетової області спектра до інфрачервоної, включаючи й видимий діапазон. Такими є сучасні газові лазери, які працюють на багатьох газах і парах, і дають неперервне випромінювання в дуже широкому діапазоні довжин хвиль. Зараз уже використовуються лазери, довжина хвилі яких складає менше 300 *нм*, тобто відповідає ультрафіолетовій області. Таким є, наприклад, криптон-фторидний лазер. Лазери з аттосекундними імпульсами дозволяють розшифрувати механізми фізичних, хімічних і біологічних процесів, що протікають з надзвичайно великими швидкостями. Як приклад може слугувати робота Ахмеда Зівейла, який досліджував надшвидку реакцію розпаду молекул ціаніду йоду, ініційовану імпульсами лазерного випромінювання фемтосекундної тривалості. За цю роботу у 1999 році він був удостоєний Нобелівської премії з хімії. У фотохімії лазер

використовують для вивчення процесу фотосинтезу, що сприяє пошуку способів більш ефективного використання сонячної енергії; у хімічній кінетиці за аналізу різних процесів тривалістю $10^{-12} – 10^{-18}$ *с* за допомогою лазерів розділяють ізотопи, наприклад, проводять очищення ізотопів урану і плутонію; лазерні прилади використовуються в якості аналізаторів хімічного складу повітря; у біології вони дозволяють досліджувати живі організми на клітинному рівні тощо.

Конструкції, технології виготовлення і галузі застосування лазерів постійно удосконалюються. Так, наприклад, створений газодинамічний лазер подібний до реактивного двигуна. У його камері згоряння спалюється чадний газ (окис вуглецю) з добавкою певного палива (гасу, бензину, спирту). Отримана за цього суміш газів складається з вуглекислого газу, азоту і водяної пари. Проносячись між дзеркалами, молекули газу випромінюють енергію у вигляді світлових квантів, створюючи лазерний промінь потужністю 150 – 200 *кВт*. І це потужність не окремого спалаху, а постійного, стійкого променя, сяючого, поки у лазера не скінчиться пальне.

За вивчення напівпровідників ведемо мову про напівпровідникові лазери, які теж дають безперервне випромінювання. Напівпровідниковий лазер створив у 1962 р. американський вчений Р. Холл. На ньому ґрунтується оптичний запис – на диску діаметром 12 *см* можна записати інформацію у сотні тисяч сторінок тексту. Серед напівпровідникових лазерів найкращим вважається лазер на основі арсеніду галію – сполуці елементів галію з миш'яком.

За вивчення законів руху заряджених частинок у силових полях, розглядається приклад сучасного лазера на вільних електронах. Такі лазери значно розширюють можливості природничо-наукових досліджень. Принцип їх дії ґрунтується на тому, що у пучку електронів, які рухаються зі швидкістю близькою до швидкості світла, у періодично змінному магнітному полі у напрямку руху електронів виникає випромінювання світла. Для таких лазерів

характерною є їх важлива особливість – можливість перелаштування довжини хвилі за великої потужності, до того ж у широкому діапазоні випромінювання.

Показником творчої співпраці фізиків і хіміків є створення хімічних і атомних лазерів. Хіміками було встановлено, що в результаті реакції атомарного водню з молекулярним хлором утворюється хлористий водень і атомарний хлор. За цього випромінюється інфрачервоне світло. Аналіз спектру випромінювання показав, що за цього суттєва частина енергії (близько 40%) зумовлюється коливальним рухом молекул хлороводню. Дослідження такого випромінювання призвело до створення першого хімічного лазера – пристрою, який перетворює енергію реакції водню з хлором у когерентне випромінювання. Хімічні лазери відрізняються від звичайних тим, що перетворюють у когерентне випромінювання не енергію електричного джерела, а енергію хімічної реакції.

На даний час створено десятки систем хімічних лазерів, у тому числі достатньо потужних для ініціювання термоядерного синтезу (йодний лазер) і для військових цілей (воднево-фторидний лазер). Потужні хімічні лазери дозволяють розробляти спеціалізовані технологічні системи. Завдяки енергетичній автономії і великій питомій енергії хімічні лазери знаходять все ширше застосування в освоєнні нових технологій у космосі.

Лазери можуть функціонувати як на твердих тілах, газах, так і на рідинах. Рідини поєднують у собі переваги і твердих, і газоподібних матеріалів: їх щільність всього в кілька разів нижча за щільність твердих тіл (а не в сотні тисяч разів, як щільність газів). Це означає, що рідинний лазер можна легко зробити таким же потужним, як лазер твердотільний. Оптична однорідність рідин не поступається однорідності газів, а отже, дозволяє використовувати великі її об’єми. До того ж рідину можна прокачувати через робочий об’єм, безперервно підтримуючи її низьку температуру і високу активність її атомів.

Найбільш широкого поширення набули лазери на барвниках, в яких робочою рідиною є розчини анілінових барвників у воді, спирті, кислоті та інших розчинниках. Рідинні лазери можуть випромінювати імпульси світла різної довжини хвилі (від ультрафіолетового до інфрачервоного світла) і потужністю від сотень кіловат до декількох мегават у залежності від виду барвника.

Створення атомного лазера вважається одним з найважливіших останніх досягнень природознавства. Цей лазер випромінює не світло, а пучок атомів. Пучок атомів володіє незвичною властивістю – когерентністю, яка притаманна хвилям, тобто він подібний на лазерне випромінювання. Принцип дії такого лазера наступний.

На першій стадії формування когерентного атомного пучка відбувається захоплення атомів натрію магнітною пасткою. Захоплені атоми піддаються охолодженню, за якого еквівалентні їм довжини хвиль збільшуються. Коли температура наближається до абсолютного нуля, довжини хвиль стають настільки великими, що вони починають перекриватися і вся група атомів являє собою єдиний цілісний ансамбль. Такий конденсат атомів, який описується статистикою Бозе-Ейнштейна, був отриманий методом лазерного охолодження і утримання атомів. За розробку цього методу американські вчені Стівен Чу і Вільям Філіпп, а також французький фізик Клод Коен-Таннуджі були удостоєні у 1997 році Нобелівської премії в області фізики.

Надалі метод лазерного охолодження атомів привертав все прискіпливішу увагу дослідників. Так, у складній за своєю конструкцією лазерній пастці, принцип дії якої оснований на комбінації кількох фізичних ефектів, вдалося охолодити атоми гелію до температури 0,0002 *К*. Із застосуванням такого сильного охолодження можна утримувати навіть антиматерію, вивчати взаємодію атомів, проводити з прецизійною точністю спеціальні вимірювання, досліджувати на молекулярному рівні властивості молекул ДНК і т. п.. Отриманий у лазерних пастках конденсат є робочим середовищем для атомного лазера, який відкриває новий вельми перспективний напрямок у сучасному природознавстві.

Для студентів, які опановують освітню галузь «Природознавство», суттєвими є знання універсальних методів дослідження природних об'єктів. Такими є синхротронні джерела випромінювання. Синхротрони використовуються не лише у фізиці високих енергій для дослідження механізмів взаємодії елементарних частинок, але й для генерації потужного синхротронного випромінювання зі змінюваною довжиною хвилі в короткохвильовій ультрафіолетовій і рентгенівській ділянках спектра. За допомогою синхротронного випромінювання досліджують структуру твердих тіл, визначають відстані між атомами, вивчають будову молекул органічних сполук тощо.

У хімії існує проблема аналізу і синтезу надто складних хімічних сполук. Для ідентифікації таких сполук необхідно мати методи визначення складу і структури їх молекул. Для таких цілей використовуються сучасні експериментальні методи ядерного магнітного резонансу (ЯМР), оптичної спектроскопії, мас-спектроскопії, рентгено-структурного аналізу, нейтронографії та ін.. Саме ці фізичні методи дозволяють дослідити склад і структуру надзвичайно складних молекул органічних і неорганічних речовин.

Детальніше ці методи розглядаються при вивченні відповідних розділів загального курсу фізики. За цього виклад матеріалу подається на прикладах міждисциплінарного застосування названих методів, що значно підвищує інтерес студентів щодо їх розуміння і глибшого засвоєння. Наведемо декілька варіантів представлення цього матеріалу в навчальному процесі.

Метод ЯМР ґрунтується на аналізі взаємодії магнітного моменту атомних ядер із зовнішнім магнітним полем. Цей метод широко застосовується в різних галузях природознавства і, зокрема, в хімії синтезу полімерів. За допомогою методу ЯМР можна визначити, наприклад, структуру сегментів ДНК. Сучасний томограф – пристрій, принцип роботи якого базується на ЯМР, дозволяє спостерігати картину розподілу хімічних неоднорідностей таких великих об'єктів як організм людини, що дуже важливо за діагностики низки захворювань, утому числі й злоякісних пухлин.

Оптична спектроскопія забезпечує аналіз спектра випромінювання речовини в різних агрегатних станах. Спектральний аналіз – це фізичний метод якісного і кількісного визначення складу речовини за її оптичним спектром випромінювання. З метою підсилення міжпредметних зв'язків з хімією, звертається увага студентів, що в якісному спектральному аналізі для аналізу спектра використовуються таблиці і атласи, складені для різних хімічних елементів і сполук. Склад досліджуваної речовини за кількісного спектрального аналізу оцінюється за відносною або абсолютною інтенсивністю ліній або смуг спектру. Із застосуванням лазерного джерела випромінювання і персонального комп'ютера можливості оптичного спектрометра значно розширюються: такий спектрометр здатний виявити навіть окрему молекулу або атом будь-якої речовини. Лазерний спектроскопічний метод дозволяє зареєструвати, наприклад, забруднення повітря на відстані кількох кілометрів, що використовується екологами для розробки ефективних природоохоронних заходів.

Показовим у плані здійснення міжпредметних зв'язків при викладанні природничих дисциплін є й метод мас-спектроскопії. Він основується на перетворенні досліджуваної речовини у йонізований газ, йони якого прискорюються електричним полем, пролітають між полюсами постійного магніту, де магнітне поле змінює напрям їх руху. Маса частинок визначається за радіусом кривизни їх траєкторії і часом прольоту. Мас-спектроскопія відзначається високою чутливістю. Наприклад, варіації ізотопного складу елементів можуть бути визначені з відносною похибкою 10^{-2} %, а маси ядер – з відносною похибкою 10^{-5} %.

Висока абсолютна чутливість методу мас-спектроскопії дозволяє використовувати його для аналізу дуже невеликої кількості речовини (10^{-10} – 10^{-13} *г*). За допомогою цього методу можна виявити, наприклад, три атоми ізотопу вуглецю C^{14} серед 10^{16} атомів C^{12}.

Висока точність і чутливість мас-спектроскопії як методу ізотопного аналізу, забезпечили йому широке застосування.

Наприклад, у геології і геохімії мас-спектральне вимірювання ізотопного складу низки елементів (зокрема, РЬ, Ar та ін.) лежить в основі методів визначення віку гірських порід і рудних утворень. У хімії мас-спектральний аналіз використовується для елементного і структурного молекулярного аналізу. У фізико-хімічних дослідженнях мас- спектроскопія застосовується за дослідження процесів йонізації, збудження частинок та інших задач фізичної і хімічної кінетики; для визначення енергії йонізації, теплоти випаровування, енергії зв'язку атомів у молекулах та ін.. За допомогою мас-спектроскопії здійснено вимірювання нейтрального та йонного складу верхньої атмосфери Землі, Венери, Марса. Цей метод широко застосовується в електронній промисловості за виробництва інтегральних схем, а також у металургії, нафтовій, фармацевтичній, атомній промисловості та інших галузях. Він починає застосовуватися й у медицині. Так, у плазмі крові мас-спектрометр реєструє активну речовину марихуани з концентрацією 0,1 *мг* на кілограм маси тіла людини. Можливості мас-спектроскопії значно розширилися завдяки поєднанню цього методу з газовою хроматографією. Таке поєднання знайшло своє застосування у медицині як експрес-метод газового аналізу.

До загальнонаукових (міждисциплінарних) відноситься й метод рентгеноструктурного аналізу фізичних, хімічних і біологічних об'єктів. Він оснований на явищі дифракції рентгенівських променів і дозволяє виявити досить складні молекулярні структури неорганічних і органічних речовин, що й використовується у біології і медицині для синтезу штучних ферментів, гормонів тощо.

За вивчення будови атомних ядер ведемо мову про порівняно молодий метод фізичних досліджень – нейтронографію. Нейтронографія володіє високою роздільною здатністю. Вона основана на дифракції пучка нейтронів, які формуються у ядерних установках, що дещо обмежує її застосування. Відмітною ж особливістю нейтронографії є її висока точність визначення відстані між атомами. Вона застосовується за визначення структури молекул надпровідників, живих організмів тощо.

Метод (технологія) молекулярних пучків. Молекулярний пучок являє собою струмінь молекул, який отримується за випаровування речовини у спеціальній печі і пропусканні його через вузьке сопло. Це сопло формує пучок у камері з надвисоким вакуумом, що запобігає можливості міжмолекулярних зіткнень. Такий молекулярний пучок спрямовується на реагент – певну сполуку, яка вступає з ним в реакцію. За порівняно низького тиску (10^{-10} *атм*) забезпечуються умови участі кожної окремої молекули лише в одному акті зіткнення, що й призводить до реакції. Для проведення такого складного експерименту потрібна камера надвисокого вакууму, джерело молекулярних пучків, високочутливий мас-спектрометр і електронні визначники часу вільного пробігу молекул. За допомогою молекулярних пучків вдалося, зокрема, дослідити реакції горіння.

Швидкі зміни темпів технологічного укладу суспільства, проникнення у всі сфери діяльності людини наукоємких технологій, насамперед технологій мікро- і наноструктур, висуває необхідність прилучення до них сучасної молодої людини уже на рівні загальної середньої освіти, а отже, й необхідність підготовки до вирішення цих завдань майбутніх учителів. Особлива роль за цього належить педагогічним кадрам з природничих наук, які в силу затребуваності своїх фундаментальних теоретичних основ і методів є рухаючою силою високих технологій.

У процесі вивчення фізичних основ і методів технологій мікро- і наноструктур виявляється необхідність освоєння широкого кола фундаментальних модельних уявлень, що спонукає до формування у студентів інтегрованих знань. У свою чергу формування готовності педагогічних кадрів до викладання основ фізики і технології мікро- і наноструктур має базуватися на системному підході, який включає низку взаємопов'язаних компонентів: науково-дослідницький, проектно-технологічний, виробничо-технологічний, організаційно-управлінський та ін.. Звідси випливає, що зміст досліджуваних проблем відзначається комплексністю, полідисциплінарністю і швидкою динамічністю змін.

Перераховані аспекти системного підходу передбачають як внутрішньо предметну так і міжпредметну інтеграції знань, які поряд з вивченням власне фізичних дисциплін (термодинаміки, електродинаміки, квантової і статистичної фізики, електронної теорії твердого тіла, напівпровідникової оптичної і квантової електроніки тощо) повинні також ґрунтуватися на вивченні хімії, біології, математики, інформатики, інформаційних технологій тощо, що має втілюватися у проблемно-детерміноване концептуальне узагальнення знань на основі універсальної інформаційної наукової картини світу.

Вивчення та освоєння фізики і технології мікро- і наноструктур майбутніми учителями на рівні, достатньому для якісного викладання, вимагає поєднання різних видів діяльності учителя: навчальної – за необхідності набуття знань, що виходять за рамки діючих навчальних програм, а, отже, самоосвіти; дослідницької – завдяки її можливостям розвитку принципово важливих для педагога якостей мислення і практичних умінь; проектної – за доцільності набуття власного досвіду отримання важливих для практики результатів. Сучасна наноелектроніка основана на технології з атомними розмірностями, яка об'єднує молекулярну епітаксію, нанолітографію і зондову мікроскопію. Молекулярна епітаксія дозволяє отримувати моноатомні шари речовини, товщина яких порівняна з розмірами атомів. Роздільна здатність електронно-променевої нанолітографії досягає 1 – 10 *нм*. Методи сучасної зондової мікроскопії забезпечують спостереження на рівні розмірів атома. Атомні зонди можна використовувати для переміщення окремих атомів, локального окислення і травлення, а також для дослідження властивостей складових частинок атома. Все це разом взяте, складає технічну базу (нанотехнологію) для створення нових сучасних наноелектронних пристроїв.

Із наведеного робимо висновок, що в сучасному суспільстві розвиваються все нові й нові технології. Задоволення все зростаючих потреб суспільства за неперервного зростання народонаселення земної кулі вимагає різкого підвищення ефективності всіх сфер діяльності людини, обов'язковою умовою якого виступає адекватне

підвищення ефективності технологічних процесів. Народження тієї чи тієї технології свідчить про високий рівень зрілості відповідної їй галузі природознавства. Коли певна галузь природознавства розвивається швидко і виявляється корисною суспільству, вона починає широко застосовуватися і перетворюється в прикладну.

3.4. Місце і роль природознавства в концепції сталого розвитку людства

Парадигмою майбутнього розвитку людської цивілізації стали концептуальні засади сталого розвитку, які були схвалені ООН у 1987 році. Вони спрямовані на розв'язання сучасних проблем людства з урахуванням його потреб у майбутньому. Сталий розвиток трактується як концепція справедливого розподілу можливостей між теперішнім і майбутніми поколіннями.

Оскільки глобальна проблема стійкості екосистем залишалася далекою до розв'язання, то не зникла й увага до неї світової громадськості. Так, уже через 5 років у Ріо-де-Жанейро (у 1992 році) відбулася міжнародна конференція з проблем оточуючого середовища і сталого розвитку. На ній зокрема критикувалося трактування, що стійкого розвитку можна досягти лише технологічними і організаційними заходами щодо подолання існуючих екологічних труднощів.

Натомість наголошувалося, що розвиток будь-якого виду неповинен порушувати стабільності його екологічної ніші і має глибокий смисл коеволюції природи і людини.

За своїм задумом прийняття цієї концепції повинно було стимулювати загальну стратегію розвитку людського суспільства на базі екологічно доцільного природокористування, збереження сприятливого для людей стану оточуючого середовища, яке б забезпечувало прийнятну якість життя для нинішнього і наступних поколінь людей. Цю концепцію можна розглядати в кінцевому підсумку як перехід суспільства до ноосфери.

Через 10 років (у 2002 році) на Всесвітньому саміті у Йоганнесбурзі було відмічено, що на той час суттєвих успіхів у

реалізації програми сталого розвитку не було досягнуто. Було названо й основну причину цього явища – це недостатня увага до одного з найважливіших дієвих механізмів сталого розвитку – освіти. З тих пір минуло вже більше 20 років, а ознаки кризи (особливо у системі вітчизняної освіти і науки) лише поглиблюються. Одним з недоліків системи освіти всіх рівнів, який унеможливлює стабільність розвитку людського соціуму, полягає в недостатньому рівні екологічних знань, практичній відсутності системи національно-патріотичного, культурного, етичного та естетичного виховання.

Експоненціально погіршувана ситуація вимагає глибокого свідомого, активного спасіння природи. Але це може зробити лише освічена людина. Така розвинута творчо і збагачена науковими знаннями людина не лише не буде необережно втручатися в природу, але й зможе побудувати правильну модель своєї коеволюції з біосферою. Реалізація такої коеволюції неможлива без глибокого вивчення природи, яке досягається науковими методами на основі холістичної світоглядної парадигми сучасного природознавства. Тому в основі екологічної освіти має лежати глибоке розуміння основних концепцій сучасного природознавства, яке покликане розвивати цілісне уявлення про оточуючий світ у формі НКС.

За цього дуже важливо «почути», що підказує нам сама природа, «вловити вектор руху» до цієї парадигми із відібраних природою для нас понять і загальних законів. Прикладом такого загального, добре і давно відомо поняття, яке має місце і в живій, і неживій природі, є уявлення про «гармонію», суть якого охоплює всі рівні організації матерії, мислення і свідомість людини, біосферу і екологію. Лише цілісне наукове розуміння світу з моральних позицій дозволить правильно організувати екологічну освіту і виховання та вирішувати різноманітні екологічні проблеми.

Саме з огляду на вище сказане в переважній більшості цивілізованих країн національними освітніми стратегіями стає розвиток природничих наук як техніко-технологічної бази матеріальних виробництв, імплементація найновіших досягнень природничих наук у навчальні програми університетів та екологізація

освіти як одна з найважливіших умов вирішення проблеми збереження стабільності природного середовища і забезпечення сталого розвитку суспільства.

Сприйняття оточуючого світу як цілісної динамічної системи взаємозв'язку природи, людини і суспільства, вимагають постійного оновлення змісту освіти, удосконалення методів, форм і засобів навчання, які б відповідали найновішим досягненням науки і відображали комплексний підхід до розвитку суспільства, економіки і оточуючого середовища.

Для опанування основними положеннями концепції сталого розвитку необхідний науково обґрунтований механізм навчання, кінцевою метою якого має бути сформована у суб'єктів навчального процесу особиста відповідальність за глобальні процеси. Основою такого механізму мають бути: отримання фундаментальних природничо-наукових знань, розуміння широких інтеграційних зв'язків між навчальними дисциплінами, системне мислення, неперервність освіти, екологізація дисциплін природничо-наукового циклу.

З цією метою в галузі технічної освіти необхідно робити акценти на здатність майбутніми спеціалістами вирішувати проблеми прогнозування і ліквідації надзвичайних ситуацій і їх наслідків, переробки й утилізації відходів виробництва і споживання, контролю над якістю оточуючого середовища тощо. Для науки в цілому головним стає не просте накопичення та поширення знань, а їх систематизація, системне, синтетичне осмислення, пізнання законів та закономірностей розвитку природи, людини й суспільства, що має втілюватися у послідовне і систематичне формування природничо-наукового світогляду майбутніх фахівців.

Вступаючи в реальне життя, випускникам освітніх закладів необхідно буде адаптовуватися не лише до умов високотехнологічного, інформаційно-перенасиченого світу, але й до світу переобтяженого глобальними проблемами, такими як зміна клімату, виснаження природних ресурсів, енергетичний «голод», антропогенне навантаження на довкілля, демографічна проблема та

інші, які мають системний характер. І від того, чи будуть знайдені шляхи вирішення цих проблем, забезпечуватиметься й сталий розвиток майбутніх поколінь.



ЗАМІСТЬ ПІСЛЯМОВИ. У пошуках новітньої (еволюційно-синергетичної) картини світу

На теперішній час не існує сумнівів щодо застосовності природознавства не лише до дослідження «об'єктивної дійсності», але й до дослідження «суб'єктивної дійсності». Уявлення, які узагальнюють подібні точки зору до їх системної або синтетичної цілісності, не лише спираються на цей блок наук, а й фактично ґрунтуються на ньому. Саме такими узагальненнями виступають відповідні наукові картини світу, які є сплавом філософських міркувань онтологічного і методологічного характеру, фундаментальних теорій, а також конкретно-наукових теорій з їх емпіричною інтерпретацією.

Перевагами природознавства є те, що воно вивчає не лише матеріальну сферу життєдіяльності суспільства, природу як таку, яка не залежить від нього, але й природу задіяну ним у процес практичної діяльності, а також створювану людиною у якості штучного середовища. Цей пріоритет матеріального у його зв'язку з творчою роллю свідомості і практики забезпечує природознавству перевагу у пізнанні світу.

Наукові революції в різні історичні періоди для побудови нової картини світу відводили відповідну роль всім наявним на той час наукам. Спочатку намагання осягнути всю складність єдиного, цілісного світу природи налаштовувало дослідників на найглибшу деталізацію результатів вивчення реальності. Тому приріст наукового знання супроводжувався його неперервною диференціацією. Так, з часом в таких науках як фізика, хімія, біологія, астрономія та ін. утворювалося ціле сімейство споріднених наук. Сучасну науку не дарма називають «великою наукою». Її системна складність і розгалуженість вражає – зараз нараховується понад 15 тисяч різних наукових дисциплін і цей процес продовжується й нині. Кількість самовизначальних у якості самостійних наукових дисциплін невпинно зростає. Необхідність і певні переваги такої об'єктної спеціалізації наук є очевидними і не потребують додаткових аргументів.

Проте, вже в рамках класичного природознавства поступово стала утверджуватися ідея принципової єдності всіх явищ природи, а отже й наукових дисциплін, що їх описують. З'ясувалося, що пояснення хімічних явищ неможливе без залучення фізики; об'єкти геології вимагали як фізичних, так і хімічних засобів аналізу тощо. Подібна ситуація склалася й з поясненням життєдіяльності живих організмів, адже навіть найпростіший з них являє собою і термодинамічну систему, і хімічну фабрику одночасно, а часто ще й як генератор або споживач електромагнітної енергії (хвиль). Тому почали виникати суміжні науки типу біофізики, біохімії, фізичної хімії, хімічної термодинаміки та ін.. Межі, які раніше існували між сформованими розділами природознавства ставали все більш умовними.

На сьогоднішній день основні фундаментальні науки настільки глибоко «дифундували» одна в одну, що настав час створення єдиної науки про Природу. Інтегративні процеси у природознавстві тепер починають переважати над процесами диференціації, тобто дроблення наук. Інтеграція природничо-наукового знання перетворюється у провідну закономірність його розвитку. ***Вже зараз вона реалізується у таких форматах:***

- в організації досліджень в областях суміжних наукових дисциплін, де якраз й очікуються самі цікаві і багатообіцяючі наукові результати;
- у розробці і розширенні діапазонів використання загальнодисциплінарних наукових методів (спектральний аналіз, ядерний магнітний резонанс, метод мічених атомів, хроматографія, комп'ютерний експеримент та ін.);
- у пошуку універсальних («об'єднуючих») теорій і принципів, які з єдиних позицій могли б пояснити нескінченне різноманіття явищ природи;
- у розробці теорій, які виконують загальнометодичні функції у природознавстві (загальна теорія систем, кібернетика, синергетика);

- у зміні характеру підходів до вирішуваних сучасною наукою проблем, адже в більшості вони виявляються комплексними (екологічні проблеми, проблема зародження життя, проблема освоєння космічного простору тощо).

Уже з наведених прикладів можна зробити висновок, що інтегративні процеси в природознавстві стають провідною силою його розвитку. Проте помилково було б ігнорувати й процеси диференціації наукового знання, адже вони продовжуються. Таким чиноном диференціація і інтеграціація в розвитку природознавства це не взаємовиключаючі, а взаємодоповнюючі тенденції.

З огляду на викладене, ознаками сучасної наукової картини світу є такі:

- зміцнення зв'язку фундаментальних (точних) і гуманітарних наук;
- розвиток комплексних і дисциплінарних досліджень;
- зростання каналів зв'язку теоретичного пізнання зі сферою практичної діяльності;
- зростаюча участь запитів практики в актуалізації різних проблем природничо-наукового і гуманітарного пізнання;
- програмуюча роль природознавства по відношенню до переважної більшості видів практичної діяльності людини;
- полісистемне бачення об'єктів дослідження;
- наявність якісно нової гносеологічної ситуації, яка вимагає необхідність вказівки на умови пізнання; на особливості суб'єкт-об'єктних відношень; неможливість ігнорування ролі і позиції суб'єкта пізнання у кінцевому результаті природничо-наукового дослідження;
- діалектична єдність історичного, системного і синергетичного підходів;
- нове розуміння причинності, яке враховує діалектику необхідного і випадкового, внутрішнього і зовнішнього завдяки єдності функціонально-цільового і статистично-ймовірнісного підходів;

- єдність емпіричних досліджень і процесу інтенсивної теоретизації природничо-наукового знання, що включає його математизацію, формалізацію, аксіоматизацію, інформатизацію та інші підходи;
- необхідність врахування ноосферного фактору.

Узагальнюючи, можна стверджувати, що в кінці XX на початку XXI сторіч значно актуалізувалася світоглядна функція НКС, у ній все більшої конкретизації набувають відношення Людина – Світ (Всесвіт):

- стосовно вивчення людини людиною – все більше виявляється взаємозв'язків природного і соціального в людині; наявність функціонування природного в суспільному (соціумі). Цей напрямок розвивається в контексті взаємозв'язку біологічного і соціального пізнання; історично це відображається в процесі антропосоціогенезу;
- стосовно дослідження людиною Світу (Всесвіту), все частіше виявляються закономірності включення живого в еволюцію Всесвіту, біологічного світу – у розвиток світу космічного. Цей напрямок розкривається, насамперед, через взаємозв'язок біологічних і астрономічних наук. Основною формою інтеграції цих двох галузей знання виступає астробіологія – пошук і дослідження позаземних форм життя. На цій основі формується новий теоретичний підхід, який має не лише спеціально наукове, але й загальносвітоглядне значення. Він пов'язаний з принципом глобального еволюціонізму.

Хочеться сподіватися (плекати надію), що такий новий цілісний погляд на світ, суспільство, на життя в рамках сучасної концепції НКС дозволить людству в XXI сторіччі розумно вирішити глобальні проблеми демографічного, екологічного, політичного і соціально-економічного характеру.

Такі еволюційні зсуви у пізнанні природи змушують приводити у відповідність з ними й систему освіти, оскільки загальновизнано, що її зміст має формуватися на засадах НКС. Серцевиною ж нині вибудованої наукової НКС, як показано, є синергетико-еволюційно-інформаційні концепти. Тож концепція створення синергетичного

середовища «відкритої системи освіти» має передбачати забезпечення на базі високих наукоємких технологій повної академічної свободи особистості у виборі форм освіти, способів і місця доступу до джерел всесвітнього знання з мінімальними матеріальними, енергетичними і номінальними інтелектуальними витратами.



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вивчення спеціальної теорії відносності в закладах загальної середньої освіти: навч.-метод. посіб. / М. Т. Мартинюк, В. В. Миколайко, О. В. Підгорний, В. І. Хитрук. за ред. М. Т. Мартинюка, Уманський держ. пед. ун-т імені Павла Тичини. Умань: Видавець «Сочінська М.М.», 2022. 130 с.

2. Гончаренко С. У. Формування у дорослих сучасної наукової картини світу: монографія. Київ: ІПООД НАПН України, 2013. 220 с.

3. Кириленко К. М. До питання про демаркацію понять «картина світу», «світогляд» та «образ світу». *Актуальні проблеми філософії та соціології.* Київ, 2021. №. 28. С. 9–13.

4. Кириченко В. В. Наукова концептуалізація моделі становлення картини світу особистості у сучасному інформаційному суспільстві. *Актуальні проблеми психології: Збірник наукових праць Інституту психології імені Г.С. Костюка НАПН України.* Київ : Видавництво «Фенікс», 2018. Т. XII. Випуск 24. С.75–94.

5. Концепції сучасного природознавства: Підручник / Я. С. Карпов та ін. Київ, 2004. 496 с.

6. Краснобокий Ю.М. Історія природознавства: навч. посіб. Умань: Вид. Сочінський М.М., 2022. 404 с.

7. Мартинюк М. Т., Підгорний О. В. Сучасна фізична картина світу як основоположна складова природничо-наукової картини світу. *Підготовка майбутніх учителів фізики, хімії, біології та природничих наук у контексті вимог Нової української школи* : матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції (18-19 травня 2023 р., м. Тернопіль). Тернопіль : ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2023. С. 288–290.

8. Мартинюк М.Т., Підгорний О.В. Міждисциплінарний дидактичний комплекс «Сучасна природничо-наукова картина світу» в системі особистісного та професійного становлення майбутнього вчителя природничих наук. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Теорія та методика навчання природничих наук.* Вінниця: ВДПУ, 2023. № 4. С. 175–190.

9. Мартинюк М.Т., Хитрук В.І., Декарчук М.В. Фізичні основи сучасного природознавства: навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів. Умань: Візаві, 2018. 190 с.

10. Ніколаєнко С. І. Порівняльний аналіз категорій «образ світу» і «внутрішня картина світу». *Сучасна картина світу: інтеграція наукового та позанаукового знання : зб. наук. праць УАБС НБУ.* Суми: Мрія-1 ЛТД, 2004. Вип. 3. С. 234–238.

11. Окорокова В. В. Образ нової соціальної реальності Постмодерну та форми його моделювання: монографія. Одеса: ВМВ, 2018. 288 с.

12. Опанасюк А. С. Наукова картина світу: на порозі зміни парадигми. *Сучасна картина світу: інтеграція наукового та позанаукового знання : зб. наук. праць УАБС НБУ.* Суми: Мрія-1 ЛТД, 2004. Вип. 3. С. 34–46.

13. Симоненко С. В. «Образ світу» та «Картина світу» як детермінанти індивідуальних стратегій візуально-мисленнєвої діяльності суб'єкта. *Наука і освіта : наук.-практ. журнал.* Одеса : Астропринт, 2011. № 9. Спецвип. : Проект «Когнітивні процеси та творчість». С. 234–243.

14. Ткаченко І. А., Краснобокий Ю. М., Ільніцька К. С. Методико-методологічні засади підготовки учителів природознавства на концепціях еволюції наукової картини світу: монографія. Бровари: АНФ ГРУП, 2023. 266 с.

15. Kyrylenko, K., Martyniuk, M., Mahometa, T., Mykolaiko, V., Tiahai, I., Beniuk, O. The Impact of Combination of Natural Sciences and the Humanities on the Quality of Modern Education. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research.* 2023. 22 (6). P. 515–532

Навчальне видання

Олександр Васильович Підгорний

СУЧАСНЕ ПРИРОДОЗНАВСТВО: у пошуках цілісного образу світу

(Окремі інформаційні матеріали та ілюстрації запозичені нами з відкритих джерел)

Видається в авторській редакції

Підписано до друку 28.07.2023 Формат 60х84/16.
Папір офсет. Друк цифров. Ум. друк. арк. 11,5
Тираж 300 пр. Зам. № 613

Видавець і виготівник «Сочінський М. М.»
20300, м. Умань, вул. Тищика, 18/19
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 2521 від 08.06.2006.
тел. (04744) 4-64-88, (067) 104-64-88
vizavi-print.jimdo.com
e-mail: vizavi008@gmail.com