

Вивчення навчальної дисципліни «Основи агрохімії» забезпечує засвоєння здобувачами вищої освіти знань про основні властивості ґрунтів, які є визначальними для живлення рослин; стан та перспективи розвитку агрохімії в Україні; найдодільніші прийоми внесення добрив у ґрунт; системи удобрення основних сільськогосподарських культур та формування практичних вмінь і навичок визначення мінеральних добрив; дослідження властивостей ґрунтів; планування найдодільніших прийомів внесення агрохімічних засобів з врахуванням місцевих ґрунтово-кліматичних, господарських умов та збереження довкілля.

Отже, вивчення вибіркової освітньої компоненти «Основи агрохімії» здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 014 Середня освіта (Хімія) сприяє якісній підготовці учителів хімії і розширює можливості випускників до працевлаштування.

### Список використаних джерел

1. Програма з хімії для 10-11 класів загальноосвітніх навчальних закладів. Поглиблене вивчення. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-5-9-klas/2020/khimiya%208-9%20pohlyblyeno>.
2. Профільне навчання: теорія і практика / [за ред. канд. пед. наук Л. А. Липової]. К.: ВВП «Компас», 2007. 192 с.

## ЕВОЛЮЦІЯ ПОНЯТТЯ ВІДНОСНОСТІ У ФІЗИЦІ ТА ЕЛЕМЕНТИ МЕТОДИКИ ЩОДО ЙОГО ВИВЧЕННЯ

**Краснобокий Юрій Миколайович**

Кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики та інтегративних технологій навчання природничих наук, Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

[ymk201113@gmail.com](mailto:y mk201113@gmail.com)

За одним з висловлювань А. Ейнштейна – споконвічною проблемою науки була проблема руху.

Вивчення простих рухів історично стало першим прикладом застосування наукового методу до проблем реального фізичного світу. У фізиці рух розглядається в самому загальному вигляді як зміна стану фізичної системи і для опису певного стану фізичної системи вводиться набір вимірюваних параметрів. Параметри руху (траєкторія, швидкість, прискорення, маса, сила, імпульс, енергія) в законах класичної динаміки Ньютона, які достатньо чітко описують різноманітні зміни стану об'єктів, добре відомі із загального курсу фізики. Поняття руху загалом розглядається як властивість матерії.

У класичній фізиці вважається аксіомою дискретність об'єктів природи, тому за вивчення їх руху необхідно встановити певну систему відліку, у якій

визначається їх положення і характер переміщення. З позиції фізики це означає введення деякої системи відліку з функціональною залежністю координат від часу:  $x = f_1(t)$ ;  $y = f_2(t)$ ;  $z = f_3(t)$ .

З упровадженням для опису механічного руху поняття системи відліку пов'язане й поняття *відносності* станів руху або спокою досліджуваного об'єкта (матеріальної точки, тіла).

У більшості задач механіки розглядається плоско-паралельний рух твердого тіла, за якого всі його точки рухаються паралельно до деякої нерухомої площини. Складним рухом точки (або тіла) називають рух відносно двох систем відліку, одна з яких умовно вважається нерухомою, а інша певним чином рухається по відношенню до першої. Рух, який за цього здійснює точка (тіло) по відношенню до рухомої системи відліку, називається *відносним*; рух самої рухомої системи і всіх зв'язаних з нею точок по відношенню до умовно нерухомої системи, для рухомої точки (тіла) називається *переносним*; нарешті, рух точки (тіла) по відношенню до умовно нерухомої системи відліку, називається *абсолютним*.

За цього абсолютна швидкість і абсолютне прискорення точки (тіла) складаються за законами додавання векторів:  $\vec{v}_a = \vec{v}_s + \vec{v}_n$ ;  $\vec{a}_a = \vec{a}_s + \vec{a}_n + \vec{a}_k$ , де  $\vec{a}_k$  – прискорення Коріоліса.

На початку ХХ ст. на зміну класичній механіці прийшла нова фундаментальна теорія, яка започаткувала процес розв'язання протиріч в основах класичної фізики – спеціальна теорія відносності (СТВ). Створена зусиллями низки вчених, насамперед А. Ейнштейна, вона дозволила несуперечливо пояснити багато фізичних явищ, які не вкладалися в рамки класичних уявлень. У першу чергу це стосувалося закономірностей електромагнітних явищ у рухомих тілах. Створення працями М. Фарадея і Д. Максвелла теорії електромагнітного поля і експериментальне підтвердження Г. Герцем реальності його існування, висунуло перед фізиками завдання з'ясувати, чи поширюється *принцип відносності руху*, який справедливий для механічних явищ (сформульований ще Галілеєм), на явища, які притаманні електромагнітному полю. Було відомо, що у всіх інерціальних системах (тобто таких, що рухаються рівномірно і прямолінійно одна відносно одної) застосовні одні і ті ж закони механіки. Але, чи справедливим є принцип, який встановлений для механічних рухів матеріальних об'єктів, для немеханічних явищ, особливо для тих, які представлені польовою формою матерії, зокрема електромагнітною?

Відповідь на це питання вимагало вивчення закономірностей взаємозв'язку рухомих тіл з *ефіром*, але не як з механічним середовищем, а як із середовищем – носієм електромагнітних коливань. Історія фізики знає, що віддалені витоки такого типу досліджень склалися ще у ХVІІІ ст. в оптиці рухомих тіл. Вперше питання про вплив руху джерел світла і приймачів, які реєструють світлові сигнали, на оптичні явища виникло у зв'язку з відкриттям *аберації світла* англійським астрономом Брадлеєм у 1728 р. Це питання щодо застосування його до хвильової теорії світла виявилось значно складнішим, ніж до теорії, яка

ґрунтувалася на уявленнях про корпускулярну природу світла. Його вирішення вимагало введення низки гіпотетичних припущень відносно явищ, які було надто складно виявити на досліді: як взаємодіють вагомі тіла і ефір (вважали, що ефір проникає в тіла)? чи відрізняється ефір всередині тіл від ефіру, що знаходиться поза ними, а якщо відрізняється, то чим? як поводить себе ефір всередині тіл під час їх руху? і т.п. У пошуках відповідей на ці питання у фізиці склалося три різних інтерпретації характеру взаємодії речовини і ефіру.

Відроджуючи хвильову теорію світла на початку XIX ст. Т. Юнг, торкаючись питання оптики рухомих тіл, зауважував, що явище аберації світла можна пояснити на основі хвильової теорії світла, якщо припустити, що ефір повсюдно, у тому числі й всередині рухомих тіл, залишається нерухомим. У цьому випадку явище аберації пояснюється так само, як і в корпускулярній теорії світла.

У 1846 р. англійський фізик Дж. Г. Стокс розробив нову теорію аберації, основу на аналогіях з гідродинамікою. Він виходив з припущення, що Земля за свого руху повністю захоплює оточуючий її ефір і швидкість ефіру на поверхні Землі з точністю дорівнює швидкості руху самої Землі. Наступні ж шари ефіру рухаються все повільніше і повільніше, і ця обставина й викликає викривлення хвильового фронту, що й сприймається як аберація. З цієї теорії випливало, що за будь яких оптичних дослідів, проведених на Землі, швидкість її руху виявити неможливо.

Існувала і третя точка зору, яку висловлював Френель. Він припустив, що ефір лише частково захоплюється рухомими тілами. Френель показав також, що коефіцієнт захоплення ефіру має порядок  $(v/c)^2$  ( $v$  – швидкість тіла;  $c$  – швидкість світла), а отже, дослідна перевірка цієї ідеї вимагає проведення досить точного експерименту.

Порівнюючи свою теорію з теорією Френеля, Стокс вказував, що хоч ці теорії й ґрунтуються на протилежних гіпотезах, вони практично призводять до однакових результатів. Досліди, які мали за мету виявити швидкість руху Землі відносно ефіру бажаних позитивних результатів не дали. Вони мали своє пояснення як теорією Стокса, так і теорією Френеля, оскільки точність цих експериментів була недостатньою для виявлення ефекту порядку  $(v/c)^2$ .

Принциповий бік питання полягав по суті у двох можливих гіпотетичних припущеннях. Перше припущення полягало в тому, що ефір повністю захоплюється рухомою системою. Нехай система  $X'Y'O'$  з джерелом світла (швидкість світла  $c$ ) рухається з швидкістю  $v$  по відношенню до нерухомої системи  $XYO$  (за умови, що ефір повністю захоплюється системою). У цьому випадку у відповідності з принципом відносності повинно було б бути:

- для спостерігача в системі  $X'Y'O'$  швидкість світла буде однакою і рівна  $c$ ;
- для спостерігача в системі  $XYO$  швидкість світла буде різною і дорівнюватиме  $V = c \pm v$ .

Проте, низка дослідів, які були поставлені ще у XIX ст., показали що, швидкість світла завжди однакова у всіх системах координат незалежно від того, рухається чи ні джерело світла, і незалежно від того, як воно рухається. Таким чином, гіпотеза про те, що ефір повністю захоплюється рухомою системою дозволяла дотримуватися принципу відносності, але суперечила досліду.

Друге припущення прямо протилежне першому: рухома система проходить крізь ефір, не захоплюючи його. Це припущення, фактично ототожнює ефір з абсолютною системою відліку і призводить до відмови від принципу відносності Галілея – адже в системі координат, зв'язаній з ефірним середовищем, закони природи відрізнятимуться від законів у всіх інших системах. Розглянемо такий випадок на попередньому прикладі.

Нехай система  $XYO$  жорстко зв'язана з ефіром, а система  $X'Y'O'$  рухається відносно неї, а отже й відносно нерухомого ефіру з швидкістю  $v$ . У цьому випадку:

- для спостерігача в системі  $XYO$  швидкість світла завжди стала і дорівнює  $c$ ;
- для спостерігача в системі  $X'Y'O'$  швидкість світла повинна залежати від швидкості руху самої системи і дорівнювати  $V = c \pm v$ .

Отже, лише в одній системі координат, яка зв'язана з нерухомим ефірним середовищем, швидкість світла була б однаковою у всіх напрямках. У будь якій іншій системі, яка рухається відносно ефірного середовища, вона залежала б від напрямку, в якому здійснювалося вимірювання. Таким чином, щоб перевірити другу гіпотезу, необхідно виміряти швидкість світла у двох протилежних напрямках.

З цією метою можна скористатися рухом Землі навколо Сонця: тоді швидкість світла в напрямі руху Землі «повинна» відрізнятися від швидкості поширення світла в протилежному напрямі. Очевидно, що коли Земля не захоплює за свого руху оточуючий ефір, то в одному випадку ця швидкість буде  $c_1 = c + v = c(1 + v/c)$ , а в іншому –  $c_2 = c - v = c(1 - v/c)$ , де  $v$  – швидкість Землі.

Таким чином, різниця у швидкості світла в першому і другому випадках має перший порядок малості відносно  $v/c$ . Для проведення такого досліду необхідно уміти вимірювати час, який необхідний для проходження світлом відомої відстані у напрямі руху Землі, проте незрозуміло, як таку задачу можна вирішити експериментально.

На поверхні Землі реальний експеримент з визначення швидкості світла можливий, якщо її вимірювати за часом, який необхідний для проходження світлом відстані в прямому і зворотному напрямках. Зокрема, існує експериментальна можливість порівняння часу проходження світлом певної відстані  $s$  «туди» і «назад» – перший раз уздовж руху Землі, а другий раз – у перпендикулярному до попереднього напрямку. Різниця в часі в першому і другому випадках є величиною другого порядку відносно  $v/c$ , тобто –  $v^2/c^2$ .

Але відношення  $v^2/c^2$  надзвичайно мале ( $\sim 10^{-8}$ ), і тому експеримент має бути виключно точним. Такий експеримент у 1887 році був поставлений А. Майкельсоном. Результати експерименту з високою достовірністю свідчили про те, що на швидкість світла рух Землі не впливає, а отже й про необґрунтованість другого припущення.

У 1892 році Дж. Фітцджеральд і Х. А. Лоренц незалежно один від одного висунули гіпотезу, згідно з якою від'ємний результат досліду Майкельсона може бути пояснений тим, що розміри кожного рухомого в ефірі тіла зменшуються в напрямку руху відносно ефіру в  $1/(1-v^2/c^2)^{1/2}$  раз. Ця гіпотеза чисто формально пояснювала від'ємний результат досліду Майкельсона, не надаючи за цього жодних зрозумілих теоретичних пояснень зміни розмірів тіл. Більше того, з цієї гіпотези випливало, що взагалі відсутні будь які засоби, які б дозволили вирішити питання про те, чи рухається тіло всередині ефіру, чи воно перебуває в стані спокою. У подальшому було показано, що для послідовної реалізації «гіпотези скорочення» необхідно також припустити, що в системі, яка рухається рівномірно в нерухомому ефірному середовищі, має бути введена й нова міра часу, а припущення про існування незахоплюваного ефіру буде відповідати досліду і принципу відносності, якщо замість *перетворень Галілея* ввести нову систему перетворень, яка отримала назву «*перетворень Лоренца*»:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}; \quad y' = y; \quad t' = \frac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}.$$

З наведених формул видно, що за швидкостей системи  $v \ll c$ , відношення  $(v^2/c^2) \rightarrow 0$  і перетворення Лоренца зводяться до класичних перетворень Галілея [1, С. 142 – 150].

Отже, на рубежі XIX – XX сторіч розвиток фізики призвів до усвідомлення суперечливості і несумісності трьох принципових положень класичної механіки:

- швидкість світла у вакуумі завжди стала незалежно від руху джерела чи приймача світла;
- у двох системах координат, які рухаються прямолінійно і рівномірно одна відносно одної, всі закони природи строго однакові, і не існує жодного способу виявити абсолютний прямолінійний і рівномірний рух (принцип відносності);
- координати і швидкості перетворюються із однієї інерціальної системи в іншу згідно з класичними перетвореннями Галілея.

Вже на той час було зрозуміло, що ці три положення не можуть бути об'єднані, оскільки вони не сумісні. Тривалий час зусилля фізиків спрямовувалися на спроби якимось чином змінити перші два положення,

залишивши незмінним третє як незаперечне. З іншого боку, кожен раз результати дослідів доводили справедливість перших двох положень.

Внутрішня логіка розвитку науки підводила фізику до необхідності пошуку нестандартного шляху розв'язання цього фундаментального протиріччя в самих її основах.

У вересні 1905 року А. Ейнштейн опублікував статтю «*До електродинаміки рухомих тіл*». У ній він сформулював основні положення СТВ, яка пояснювала від'ємний результат досліду Майкельсона і зміст перетворень Лоренца, а також містила новий погляд на простір і час.

Ейнштейн знайшов ще один шлях подолання протиріч у принципових основах класичної механіки. Він був переконаний, що необхідно зберегти два перших твердження (принцип сталості швидкості світла і принцип відносності), але відмовитися від перетворень Галілея. Ейнштейн розумів, що у перетвореннях Галілея криється своєрідне уявлення про просторово-часові співвідношення, яке не відповідає фізичному досліду і реальним властивостям простору і часу.

Слабкою ланкою принципів засад класичної механіки виявилось уявлення про *абсолютну одночасність подій*. Класична механіка користувалася цим уявленням, не усвідомлюючи складності його природи.

Розмірковуючи над проблемою впливу руху тіл на електромагнітні явища, Ейнштейн дійшов твердого переконання про загальність принципу відносності, тобто до висновку, що стосовно й електромагнітних явищ, а не лише механічних, всі інерціальні системи координат абсолютно рівноправні. Крім того, він був переконаний у сталості швидкості світла у всіх інерціальних системах відліку.

Одночасна дія цих двох принципів на перший погляд видається неможливою – в наявності теоретичний парадокс. Із цього парадоксу Ейнштейн знаходить вихід, аналізуючи поняття «*одночасності*». Результатом аналізу став висновок про відносний характер цього поняття. В усвідомленні відносності одночасності полягає сутність всієї теорії відносності, висновки якої, в свою чергу, призводять до необхідності перегляду понять простору і часу – основоположних понять всього природознавства.

Із нового розуміння одночасності, усвідомлення його відносності випливають абсолютно нові висновки про закономірності просторово-часових відношень речей. Насамперед необхідно визнати *відносність розмірів тіл*. Наприклад, щоб виміряти довжину тіла, необхідно відмітити його межі (початок і кінець) одночасно на певному масштабі довжин. Але те, що одночасно для нерухомого спостерігача, вже не буде одночасно для рухомого, тому й довжина тіла, виміряна різними спостерігачами, які рухаються один відносно іншого з різними швидкостями, повинна бути різною.

У подальшому, надаючи СТВ математичного оформлення, Ейнштейн отримує формули перетворень координат і часу – перетворення Лоренца. Проте в Ейнштейна ці перетворення набувають іншого змісту: одне і те ж тіло має різну довжину, якщо воно рухається з різною швидкістю відносно системи, в якій ця

довжина вимірювалася. Те ж саме стосується і часу. Проміжок часу, протягом якого триває будь який процес, буде різним, якщо його вимірювати рухомим з різними швидкостями годинником. У СТВ розміри тіл і проміжки часу втрачають абсолютний характер, який їм надавався класичною фізикою, і набувають статусу відносних величин.

### Список використаних джерел

1. Дущенко В.П., Кучерук І.М. Загальна фізика. Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка. Київ: Вища школа, 1987. 431 с.

## З ДОСВІДУ РОБОТИ ВЧИТЕЛЯ БІОЛОГІЇ В GOOGLE-CLASSROOM

**Ягенська Галина Василівна**

Кандидат педагогічних наук, вчитель біології, комунальний заклад «Луцька гімназія № 21 імені Михайла Кравчука Луцької міської ради Волинської області»

[yagenska@gmail.com](mailto:yagenska@gmail.com)

Проведений аналіз літературних джерел [1, 2, 3, 4] засвідчив, що сервіс Google Classroom запущено у 2014 році. Цей сервіс зручний для системної організації ефективного функціонування навчального закладу загалом і організації роботи вчителя-предметника з кожним класом зокрема. Під час дистанційного навчання близько 36 % учителів використовували цей сервіс [3]. Google Classroom має необхідний функціонал для організації навчання й контролю, групової та індивідуальної комунікації усіх суб'єктів освітнього процесу [1]. Луцька гімназія № 21 працює з використанням цього сервісу уже 5 років, що сприяло оптимізації освітнього процесу і забезпечило швидку адаптацію до дистанційного навчання під час пандемії. Розглянемо кілька основних напрямків використання сервісу на основі практичного досвіду.

Робота в Google Classroom істотно розширює можливості учителів та учнів. У стрічці Класу зручно розміщувати повідомлення про заняття, інтернет-посилання на відеоресурси. Матеріали з уроків (презентації, тексти, таблиці) можна завантажувати або у стрічці, або в окремому блоці «Матеріали», який відкривається в розділі «Завдання». На певні уроки школярі самостійно готують повідомлення (зазвичай з презентаціями). В такому разі заздалегідь у стрічці Класу пропонується перелік тем для повідомлень: кожен має можливість обрати тему і записати її номер у коментарях, щоб унеможливити дублювання теми однокласниками. У Google Classroom можна створювати різноманітні завдання із зазначенням терміну виконання, коментувати завдання та відповіді [2].

Мабуть, найпопулярнішими є тестові завдання у Google Формах, позаяк їх перевірка відбувається автоматично. Вчителі біології в Google Формах мають можливість візуалізувати завдання, використати зображення різноманітних біологічних об'єктів, що було б неможливим у паперових варіантах тестів. У