

Колись СРСР мав успіхи в космонавтиці,
визнані в світі. Нам відомі імена першопрохідників:
Кибальчич (з Чернігівщини), Ціолковський
(росіянин, але він – правнук українського
національного героя Северина Наливайка),
Кондратюк (з Полтави), Корольов (з Житомира)
– це вони проклали дорогу в космос...
Ми виживаємо, а нам треба розвиватись...

Богдан Сусь

Звідки ми прийшли ? Хто ми і куди йдемо ?

Або: фізика - наука для майбутнього

Майже чверть століття існує Україна як суверенна держава. За цей час визначилися і стали на шлях розвитку держави «соціалістичного табору» – Чехія, Словаччина, Польща, Угорщина і інші. Також успішно розвиваються держави колишнього СРСР Литва, Латвія, Естонія, які увійшли в європейське співтовариство. Їх розвиток став можливим тому, що народи цих країн живуть за правилами. Така неодмінна і найважливіша умова демократії – життя за правилами, за законом. І тільки за таких умов можливий розвиток спільноти і людей, які її утворюють. У світі є країни, які успішно розвиваються – Англія, Німеччина, США, Японія, Сінгапур, Південна Корея... Якщо послухати виступи президентів США, то вони завжди наголошували на необхідності **розвитку** їхньої країни. І передумовою розвитку вважається наука. Ось приклад виступу президента США перед студентами:

- 1) Ми, американці, сьогодні живемо добре, бо Америка – багата країна, світовий лідер.
- 2) Ми всі хочемо жити ще краще завтра, тож Америка має бути багатою і завтра і не поступитися своїм лідерством.
- 3) Багатими завтра вже не можна стати за рахунок природних ресурсів і за рахунок механічного нарощування виробництва.
- 4) **Багатими завтра будуть ті, хто зможе відкривати і запроваджувати нові технології, вибудовувати своє життя на нових засадах (виділення моє).**
- 5) Творцем тих нових технологій і нового життя може бути лише людина високоосвічена.
- 6) Американці мають стати високоосвіченою нацією, здатною постійно у всьому і всього вчитися.
- 7) Ми повинні так перебудувати свою систему освіти, щоб вона була здатною продуктувати високоосвічену націю.

Як бачимо, американці орієнтуються на освіту і науку, виділяють значні кошти на їх розвиток. А що говорили наші президенти чверть століття ? Говорили, що нам треба **виживати** ! І так 25 років «виживаємо» ! «Їли і пили»

російську нафту, дихали «російським газом», а своєї економіки не розвивали. В науці – феодальний устрій. Зусилля направлені на те, як поділити мізерні гроші, які виділяє держава на науку, щоб вистачило вченим на зарплату. А ми ж, українці, тобто ті люди, які живуть в Україні, **не гірші за інших**. Колись СРСР мав успіхи в космонавтиці, визнані в світі. Нам відомі імена першопрохідників: Кибальчич (з Чернігівщини), Ціолковський (росіянин, але він – правнук українського національного героя Северина Наливайка), Кондратюк (з Полтави), Корольов (з Житомира) – це вони, українці, проклали дорогу в космос за часів Радянського Союзу не в найкращих умовах. Американці це зробили вже після нас. У США визнається провідна роль вищої освіти. Мета – формування особистості і порядного громадянина. Україна ж 25 років не розвивається. І це при тому, що Україна мала (і має) для розвитку великі можливості як в господарчому плані так і в науковому. Після розпаду СРСР Україна була третьою державою в світі за ядерним потенціалом, мала розвинену космічну галузь. Україна має моря, корисні копалини, найродючіші в світі землі. І має Україна людей, які прагнуть до розвитку. Помаранчева революція і революція гідності були виявленнями таких прагнень.

Чому ж людям так треба розвиватися ? Чому такі незупинні прагнення до розвитку ? І що необхідне для того, щоб розвиток відбувався ?

На ці питання спробуємо знайти відповідь відсторонено від емоцій. І може то буде видаватися дивним, але зробимо це з точки зору такої науки як фізика, яка колись була дуже популярною в Україні. Ще й нині існують відомі наукові інститути, назви яких пов'язані з фізикою – Інститут фізики (Київ), Інститут теоретичної фізики (Київ), Харківський фізико-технічний інститут, Інститут прикладної фізики (Суми) та багато інших. Фізика вивчається у всіх університетах і вищих школах. Але все це нині на умовах виживання.

По грецькому фізика – це природа. Фізика вивчає неживу природу. Найдревніша наука, але можна з упевненістю стверджувати, що фізика – наука майбутнього. Навіть не так – **фізика – наука для майбутнього** ! І з огляду на далеке-далеке майбутнє – найважливіша наука для людей. Бо фізика – фундаментальна наука. У двох аспектах фундаментальна. Найперше, фізика стала основою для багатьох технічних наук – у будівельній справі, машинобудуванні, авіації, ракетобудуванні, електротехніці, радіотехніці... Цей перелік дуже довгий. А по-друге – фізика є **фундаментальною світоглядною наукою**. Не треба недооцінювати інші науки, але перед фізикою справді в майбутньому стоять надзавдання, розв'язання яких є питанням збереження людства і можливо взагалі збереження живого. Може то видаватись дивним так возносити фізику, але фізика таки має вплив на світогляд людини. Питаннями світогляду займається освіта, релігія. Релігійні вчення передбачають кінець світу. Але зауважмо – кінець світу за релігійним вченням – це не кінець життя. Бо праведні підуть в інший світ – у рай, який на небі, а грішники опиняться в пеклі. Мабуть пекло буде на Землі.

А тепер погляньмо на проблему кінця світу з точки зору фізики як науки.

Сонце і Земля утворилися десь 4–5 мільярдів років тому. Але Сонце не

вічне. Термоядерні процеси на Сонці завершаться, воно стане так званим «білим карликом», потім «червоним гігантом», значно розшириться, аж до планет, і через 4–5 мільярдів років на Землі буде так гаряче, що життя стане неможливим. Важко уявити, що людство погодиться з припиненням життя. Буде шукати виходу. І хоч підсвідомо, воно вже це робить. Формується якийсь колективний розум, який спрямовує розвиток людства. З'являється колективна відповідальність за умови життя. Так, 100 років тому проблеми екології не існувало. Тепер є. Турбують проблеми потепління, озонних дір, забруднення. Ми можемо оцінити, який стрімкий розвиток відбувся за останні 100 років – радіо, телебачення, комп'ютери, мобільні телефони, побували на Місяці, досягнули Марса... 100 років тому такого навіть уявити не могли! А що буде через наступні 100 років? Також уявити не можемо! **А як воно може бути?** Як сумістити великі досягнення людства з неможливістю життя на Землі в майбутньому? Очевидно, треба думати і говорити про способи **перенесення життя в інші світи**. Бо вибору не буде. В тому далекому майбутньому пасторальна картина сама собою не вийде. То буде тільки казкова пам'ять про минуле, як чарівна картина із пісні дрогобицького гурту «Соколи»: *«Ой, там на тім вигоні, де поміж трави – квіти, пастись не хочуть коні – жаль їм на цвіт ступити...»*. Настане час, коли почнуть думати не тільки про насущне, про існування, а й про розвиток, про віддалене і далеке майбутнє. Людям доведеться навчитись регулювати своє життя, виробляти оптимальні способи його організації і розвитку. Для цього й **повинні існувати науки**. Різні науки. Але перед фізикою неминуче постануть надзавдання – знайти способи переміщення до інших світів. Все це питання настільки далекого майбутнього, що для нас поки що фантастика! Але колись така проблема стане актуальною. На той час відбудеться значний розвиток людської цивілізації і буде інше бачення перспективи. Проте нам, теперішнім людям, ці проблеми майбутнього треба розуміти і теж в цьому треба брати участь. Треба усвідомити, що проблеми, які ми створюємо самі собі, війни за межу чи за кордон є дуже нікчемними порівняно з проблемами, які будуть у майбутньому від чужого для нас космосу. З найбільшим ворогом можна домовитись, протиставивши йому силу, але з космосом домовитися не вийде. І з цієї точки треба оцінювати роль освіти і науки в житті суспільства. Про освіту і науку треба дбати навіть в найгірших умовах існування чи виживання, бо наука – це неперервний поступ. Про це треба думати **нашим** можновладцям, вивозячи кошти в офшори і купуючи палаци за кордоном. Звичайно, прийде час, коли вони будуть вкладати гроші в українські підприємства, зберігати їх в наших банках, а держава зможе забезпечити належним чином розвиток країни і відповідно освіту й науку. Адже було в нашій історії, коли в умовах бідності, після страшного голодомору освіта і наука були в повазі.

Та спробуємо предметно уявити ті проблеми, які постануть перед людьми у майбутньому і перед фізикою як наукою. Ми живемо у нескінченному Всесвіті. Наше Сонце знаходиться у величезній системі зірок – галактиці, яка називається Молочний шлях (Чумацький шлях). Якщо увечері подивитись на небо, побачимо багато-багато зірок. Їх мільярди. Все це зірки нашої галактики.

Але поміж яскравих зірок, якщо добре придивитись, видно світлі плями – це інші галактики. Їх у Всесвіті нескінченна кількість і вони далеко-далеко від нашої галактики. А до найближчої зірки нашої галактики так далеко, що світло від неї йде до нас 4 роки. Світло поширюється так швидко, що за одну секунду світловий промінь може обігнути Землю сім разів. Людство ж нині володіє швидкостями, порівняними зі швидкістю кулі. Якщо б зробити космічний корбель, здатний рухатися зі швидкістю кулі, то до найближчої зірки, до того можливого найближчого нового світу, довелося б добиратись мільйон років. Очевидно, що такий корабель не можна вважати транспортним засобом, бо він повинен бути місцем для життя багатьох-багатьох поколінь. Значить, потрібні швидкості значно більші. І такі проблеми може розв'язати тільки фізика. Отже **фізика як наука, фундаментальна і світоглядна, повинна розвиватися.** Звичайно, розвиватись мають всі науки, бо самі люди і спосіб їх життя будуть змінюватися, вдосконалюватися. Але ми говоримо про пріоритетне значення фізики для майбутнього. Треба зазначити, що країни, які розвиваються, приділяють належну увагу фізиці. Ми знаємо про спільну роботу фізиків над створенням колайдера для глибоких досліджень властивостей матерії. Україна теж була причетна до цієї роботи. Це високозатратні дослідження, але без них не обійтись з огляду на майбутнє. У фізиці є багато проблемних питань **світоглядного значення**, які були актуальними 100 років тому і такими залишилися й нині. Вони потребують розв'язання, бо від цього залежить напрям подальшого розвитку. Наведемо лише деякі з **традиційних** проблемних світоглядних питань фізики.

1. За сучасними уявленнями в основі світу є субстанція, яка має назву «матерія». І відомо, що матерія перебуває у двох видах – **речовини і поля**. Речовина – це добре відомі для нас тіла – вода, камінь, пісок, космічні тіла – Місяць, зорі. Інший вид матерії – «поле». Ми знаємо електричне, магнітне, електромагнітне, гравітаційне поля. Електромагнітне поле – це так звані електромагнітні хвилі – світло, радіохвилі, гаммавипромінювання. Важливо, що **матерія перебуває в невинному русі**. Виникає проблемне питання: **чи є така форма руху як взаємний неперервний перехід матерії з одного виду в інший ?** З речовини – в поле, і з поля – в речовину.

2. Електромагнітні поля, зокрема світло, також мають двоїсту природу – **це хвилі і частинки водночас**. І тут також існує проблема, **бо хвилі – явище просторове, а частинка – локалізована. І це в один і той самий час. Як так може бути ?**

3. Інша проблема: якщо **світло хвилі – то в якому середовищі вони поширюються ?** Бо ж ми звикли, що хвилі – це коливання середовища. А якщо **світло частинки**, то для їх руху середовище не потрібне. **Але де тут коливний процес ?**

4. Відомо, що електромагнітна хвиля – це коливання електричного і магнітного полів, **які мають енергію**. При коливанні полів коливається енергія. Проблемне питання: **у що перетворюється енергія електромагнітної хвилі в процесі коливань ?** Адже є закон збереження енергії !

5. Рівномірний рух частинки у квантовій механіці розглядається як хвиля – так звана хвиля де Бройля. **Але де у хвилі де Бройля коливний процес ?**

6. Ми знаємо два види взаємодії між тілами – через середовище і через обмін частинками. Обидва види дають відштовхування. **А який механізм гравітаційного притягування ?**

Ми навели тільки найважливіші проблемні питання світоглядного

характеру, від розв'язання яких залежить подальший напрям розвитку фізичних уявлень про природу. Ці питання є в навчальній літературі і викладачі вищої школи протягом сотні років розповідають про них студентам. Правда, у навчальних посібниках не говориться про те, що **ряд питань не тільки проблемні, а й суперечливі.** Ми ж на це звернемо увагу. Щоб не говорити в загальному, дещо зосередимося на фізичній суті проблемних питань, не переобтяжуючись деталями.

Для прикладу розглянемо традиційне питання **суперечності природи електромагнітних хвиль (ЕМХ), зокрема світла.** Всім ще зі школи відомо, що світло, радіохвилі чи гамма-випромінювання – це так звані **електромагнітні хвилі** – коливання електричних і магнітних полів. І ніяких сумнівів у тому, що світло є хвилями – нема. Але справа в тому, що **світло – це ще й частинки (корпускули).** Ми ці частинки світла називаємо фотонами. І сумніву в тому, що світло є частинками, також нема. Про це написано в усіх навчальних посібниках. Але проблема в тому, що **за традиційними уявленнями ці два підходи – хвильовий і корпускулярний – суперечать один одному.** Яюсь не дається розумінню, що окрема частинка може бути хвилею чи навпаки – хвиля може бути частинкою. Дійсно, коли світло хвилі – то не зрозуміло в якому середовищі вони поширюються. Бо ж ми знаємо, що хвилі – це коливання якогось середовища. Наприклад, при поширенні хвиль на воді як середовище коливається вода. Звук – це коливання повітря. А що коливається при поширенні світла у нескінченному космосі, яке навіть від найближчої зірки йде до нас чотири роки ? Більше 300 років тому Гюйгенс це невідоме гіпотетичне середовище для поширення світла назвав «ефіром». Але подальші дослідження показали, що ефіру нема. Та й Ейнштейн, будуючи теорію відносності, відкинув існування ефіру. Виходить, що світло – хвилі, а яке середовище коливається при їх поширенні – невідомо ! **Треба зауважити, що традиційна фізика й нині не має відповіді на питання, що є середовищем для поширення світла як хвиль.** А може середовище й не потрібне ? Бо ж світло – це ще й частинки, а для переміщення частинок середовище не потрібне. В космосі порожнеча, середовища нема, а частинки чи тіла там рухаються ! Здавалось би, проблема знята – світло – це частинки ! Але якщо світло розглядати як потік частинок (фотонів), то постає проблемне питання з іншого боку: а де ж коливання ? Що коливається ? Тобто, де хвильовий процес ? Так що **твердження, що світло – це хвилі і частинки водночас як було суперечливим сто років, так і залишилось суперечливим нині.** І як сто років тому, так і нині традиційна фізика відповіді на ці проблемні питання не дає. Ейнштейн розумів цю проблему і навіть висловлювався: *«Все життя буду думати про те, що таке світло».* І думав. В 1954 р., за рік до смерті, він видав книжку *«Еволюція фізики»*, в якій прямо говорить про проблеми світла:

«Що таке світло – хвиля чи ливень світлових корпускул ?... Схоже, що нема ніяких шансів послідовно описати світлові явища, вибравши тільки

яку-небудь одну з двох можливих теорій. Стан такий, що ми повинні застосовувати іноді одну теорію, а іноді другу... Ми зіткнулися з трудністю нового типу. Маємо дві протилежні картини реальності, але ні одна з теорій окремо не пояснює всіх світлових явищ, тоді як сумісно вони їх пояснюють».

1. Ейнштейн А. Еволюція фізики / А. Ейнштейн, Л. Инфельд. – М. : Наука. 1965. – 326 с. (*Albert Einstein and Leopold Infeld. The evolution of physics. – New York : Simon and Schuster. 1954.*)

І в наш час ця проблема пояснюється так, як говорив Ейнштейн.: коли треба пояснити хвильові властивості, використовується хвильовий підхід, а коли треба пояснити, що світло – це частинки – використовується корпускулярний підхід. Світло розглядається як хвилі, але з цього ніяк не виходять частинки. І навпаки, якщо світло розглядати як потік частинок, то не відомоде коливання, де хвилі. Більше того, така наука як квантова механіка побудована на уявленнях, що будь-яка частинка, яка рухається з великою сталою швидкістю – теж хвиля – так звана хвиля де Бройля. І тут також нема відповіді на питання: де коливання у частинці, коли вона рухається **рівномірно**? В такому випадку залишається розводити руками: «Ну такий він, той мікросвіт !»

Якщо ж говорити про навчальний процес, то постає питання, як бути зі студентами, коли їм розповідають, що світло – це хвилі і частинки одночасно? Просто сказати і йти далі? Чи може звернути увагу, що ці твердження суперечать одне одному? Звернути увагу, що це проблема фундаментальна, світоглядна! Може щось ми не так уявляємо? Або щось не так називаємо?

Насправді несуперечливе пояснення є, тільки треба його знайти. Треба, щоб уявлення були у відповідності зі словами, що їх визначають. А для цього треба інакше подивитись на проблему. Тому на заняттях **на традиційні суперечності ми спеціально звертаємо увагу**, а тоді й пояснення цих суперечностей знаходяться. І студентам навіть дуже цікаво, бо вони стають співучасниками розв'язання проблеми. Сподіваюсь, не дуже переобтяжимо, якщо наведемо **незвичний несуперечливий погляд** лише на одну фундаментальну проблему – на проблему двоїстості природи світла. І як ця проблема розв'язується. Покажемо, що **двоїстість природи світла – це вираження двоїстості матерії**.

І в школі, і у вищій школі знають, що матерія існує в двох видах – **речовини і поля**. Речовина – це все те, що нас оточує – земля, вода, пісок, Місяць, зорі... Ознакою речовини є маса. Інший вид матерії – поле. Усі знають, що є електричні і магнітні поля. І ще дуже важлива властивість матерії – безперервний рух. Все рухається. У фізиці вивчається рух. Вивчається в школі, у вищій школі. Але вивчається рух механічний – поступальний, обертальний, коливальний. А **є ще один вид руху, чого не помітили**. Це рух матерії, коли один її вид (речовина) переходить в інший вид – поле. І навпаки. Так як, наприклад, лід може перейти у воду, а вода – у лід. Про такий

вид руху всі знають, бо ще в школі вивчають, що при вибуху ядерної бомби відбувається поділ ядра урану на частини і що маса осколків не дорівнює масі ядра. Це так званий «дефект маси». Кудись дівається маса ! Куди ? Пояснення є. Бо між масою і енергією існує зв'язок – енергія (W) дорівнює добутку маси (m) на швидкість світла c в квадраті: $W=mc^2$. В нашому представленні маса і енергія – не що інше як різні види матерії. Маса представляє речовину, а енергія – поле. Так от, при поділі ядра урану відбувається перехід маси (речовина) в енергію (поле). Маса нікуди не зникає – вона переходить в інший вид матерії – у стан «поля», в гамма-випромінювання, яке має енергію. І тут просто треба зробити наголос на тому, що всі й так знають – **матерія не те що існує в двох видах – речовини і поля, а має властивість переходити з одного виду в інший**. Тобто, мова йде про іншу, незвичну, але важливу форму руху. Є різні механічні рухи – поступальний, обертальний, коливальний. Ми ж говоримо про ще одну – **фундаментальну форму руху**. Світло є яскравим прикладом такої форми руху. І в цьому особливість проблеми. Справа в тому, що **електричне і магнітне поля мають енергію**. І коли вони, «поля», коливаються, то коливається й енергія цих полів. Оскільки ж існує закон збереження енергії, то виникає питання: **а в що ж перетворюється енергія електромагнітної хвилі, коли вона змінюється в процесі коливань ?** Традиційної відповіді тут нема. Виходить, що закон збереження енергії порушується, що його дія обмежена. Сам по собі це дуже важливий висновок, бо закон збереження енергії вважається чи не найфундаментальнішим законом, а тут йдеться про його обмеженість. А пояснення тут очевидне – згідно з формулою $W=mc^2$ **енергія повинна переходити в масу**. Але ми вже розглядали, що маса також може переходити в інший стан – в енергію ! Отже, можливий коливний процес переходу енергії в масу і маси в енергію. Так, як у маятнику – енергія потенціальна переходить у кінетичну, кінетична – в потенціальну... Виходить, що світло є частинкою (фотон), яка внутрішньо коливається, переходячи із стану енергії (поля) в стан речовини:

енергія-маса-енергія-маса-...

Таким чином, йдеться про **нетрадиційну фундаментальну форму руху** і це знімає всі традиційні суперечності. Тут – якщо захочете – сенсація ! Бо **усувається проблема двоїстості**, що світло – це хвилі і частинки водночас ! В такому незвичному баченні світло – це не якісь абстрактні хвилі в абстрактному середовищі, а потік великої кількості реальних частинок-фотонів, які перебувають у внутрішньому коливальному стані. Уявімо, що ми кинули жменю камінців і вони летять з певною швидкістю. Тут не видно коливного процесу, не видно хвиль. А тепер уявімо зграйку пташок, що летять. Вони махають крильцями і тут вже є коливальний процес. Тобто, і камінці і пташки – це частинки, але ж для одних властивий коливний процес, а для інших – ні ! Так і фотони – це частинки, які летять і при цьому перебувають у коливальному стані типу **енергія-маса-енергія-маса-...** І якщо таких частинок велика кількість, то їх коливання можна розглядати звично як хвилі. Пригадаймо марш солдатів під час свят, коли вони роблять узгоджені рухи – усе це здалеку

сприймається як хвиля.

Отже, насправді, йдеться про **незвичне бачення** відомих і звичних фізичних процесів. І таке бачення дає можливість пояснити існуючі фундаментальні проблеми фізики. Важливо, що **при такому підході стає очевидним, що для поширення світла чи взагалі ЕМХ не потрібне якесь гіпотетичне абстрактне середовище типу ефіру**. Також цілком зникає суперечність, чому частинка, яка рухається рівномірно – це так звана хвиля де Бройля, яка має хвильові властивості. Стає наочно зрозумілим, що квантова механіка вивчає не рух якихось абстрактних хвиль-частинок, а частинок, які перебувають у реальному коливальному стані типу енергія-маса-енергія-маса-... Більше того, цілком зрозуміло, як виникає такий коливний процес. Тут **важливе значення має не сама швидкість, а процес її набуття**, тобто прискорення. Бо коли частинка прискорюється, зростає її енергія. Але якщо зростає енергія, то одночасно повинна зростати маса згідно з відомою формулою $W=mc^2$. А далі маємо вже відомий коливний процес типу **енергія-маса-енергія-маса-...** До речі, формулу $W=mc^2$ слід би називати законом збереження матерії. Отже, інше бачення тому й нове, що дає можливість пояснити незрозуміле.

Якщо ж підсумовувати, то в даній розмові йдеться про форму руху – **фундаментальну форму руху матерії**, яка являє собою перехід матерії з одного виду (речовини) в інший вид (поле) і навпаки: $\Delta W \rightarrow \Delta m \rightarrow \Delta W \rightarrow \Delta m \rightarrow \dots$. І прикладом такого руху є світло, радіохвилі, гаммапромені. Такий рух відбувається на основі відомого рівняння Ейнштейна, яке встановлює зв'язок між масою і енергією: $W = c^2 m$.

Прийнявши таку форму руху, знімається цілий ряд традиційних проблем, які не вдавалось розв'язати протягом сотні років. Отже, **йдеться про відкриття – відкриття ще однієї форми руху матерії**.

Можливо для когось розглядувані проблеми фізики здаються обтяжливими. Але ж це фундаментальні проблемні питання світоглядного характеру. Їх пояснення вимагає іншого бачення. Фізика не є незмінною класичною наукою, як наприклад, геометрія чи арифметика. Вона потребує змін. А це значить, що фізика, як і інші науки, повинна розвиватися. І в нашій державі теж фізика повинна розвиватися. Розвиватися для того, щоб наші люди в майбутньому мали умови для життя і розвитку.

Професор кафедри математики і фізики Військового
Інституту телекомунікацій та інформатизації,
доктор педагогічних наук

Сусь Богдан Арсентійович