

ГАЛІЛЕЙ ТА НАУКОВИЙ МЕТОД

О.А.Базей

Зараз фізику визначають як науку про найбільш загальні закономірності явищ природи. Вперше цей термін запровадив Аристотель у IV столітті до нашої ери. Один із його трактатів так і називався "Фізика". За Аристотелем фізика – це ключ до розуміння світу. Під фізикою Аристотель розумів поведінку оточуючих тіл в їх природному стані. Згідно з Аристотелем, світ ділиться на земний або підмісячний та небесний або надмісячний. Ірунтуючись на тому, що ми зараз назвали б здоровим глуздом, Аристотель пропонує логічні послідовні уявлення про світобудову. Довгий час він був незаперечним авторитетом у європейській науковій думці.

Важливе місце у вченні Аристотеля займали уявлення про рух. Рух – це будь-яка кількісна або якісна зміна. Будь-який рух має причину. Без причини рух зупиняється. Механічний рух Аристотель розумів, як частковий вид руху і поділяв його на природний та насильницький. Природний рух не вимагає жодної сили для своєї підтримки. Природні рухи в підмісячному світі прямолінійні: легкі тіла рухаються вгору, а важкі вниз; а в надмісячному світі природні – це вічні кругові рухи невагомих тіл.

У кожного тіла є його природне місце, яке визначається його природою. На своїх природних місцях тіла перебувають у стані спокою або порядку. Повернення до порядку за Аристотелем і є природний рух. Він припиняється, коли його мету досягнуто, порядок відновлено.

Насильницький рух не може тривати вічно, бо він веде до безладу. Безлад суперечить античній ідеї Космосу, загальної гармонії.

Згідно з Аристотелем, тіло, що насильно рухається, постійно перебуває під дією сили. У падаючих тіл швидкості тим більші, чим більша їхня вага, і тим менші, чим більший опір середовища. Якщо середовище відсутнє, тобто тіло рухається в порожнечі, його швидкість повинна необмежено зростати. Звідси Аристотель робить висновок, що в природі не буває порожнечі. Таким чином, за відсутності зовнішньої сили тіло рухатися не може. Те, що, наприклад, падаючий камінь або стріла, що летить, рухається самочинно, Аристотель пояснював властивостями середовища: їх підштовхує повітря, що займає місце, яке звільняється каменем або стрілою при русі.

У підмісячному світі рух завжди тимчасовий, а в надмісячному рух вічний і необхідний.

В античні часи з'являлися й інші ідеї щодо механічного руху. У I столітті до нашої ери Тіт Лукрецій Кар у поемі "Про природу речей" висловлює геніальний здогад:

"...Речі, які різняться вагою,

Падаги повинні однаково всі у порожнечі нерухомій".

Але в той час це так і залишилося нічим не підтвердженим здогадом.

У II столітті нашої ери Клавдій Птоломей запропонував математичний опис рухів небесних світил відповідно до фізики Аристотеля. Згідно з Птоломеем, нерухома Земля у формі кулі знаходиться в центрі світу. Для опису нерівномірного руху планет на тлі нерухомих зір Птоломей використовував ідею Гіппар-

ха (II століття до н.е.): планета рухається по епіциклу, центр якого рухається по деференту – провідному колу в центрі якого знаходиться Земля. Птоломей у такий спосіб представив невідому на той час траєкторію руху планет як розкладання по відомим круговим траєкторіям. Схожий прийом і зараз використовують у математичному аналізі, коли розкладають невідому функцію в ряд за відомими, наприклад, ступеневими функціями.

Технічні досягнення наступних століть – водяний та вітряний млин, компас, порох, окуляри, папір – ставили нові наукові завдання. За Аристотелем тіло, кинуте під кутом до горизонту, спочатку рухається по нахиленій прямій, потім дугою кола і потім вертикальною прямою. Італійський математик Нікколо Тарталья у XIV столітті, аналізуючи траєкторію польоту ядра, випущеного з вогнепальної гармати, робить висновок, що траєкторія такого тіла завжди криволінійна і не має прямолінійної ділянки. Тарталья спробував пояснити це змішуванням природного та насильницького рухів. Твори Тартальї написані літературною, а не академічною мовою. Цю форму викладу пізніше запозичує Галілей.

У 1585 році учень Тартальї Джован Бенедетті ввів поняття "impetus", що означає "враження". Імпето зберігається в тілі, якому надано деяку швидкість. Це деяка властивість тіла, яка його ніби "просочує" при контакті з причиною руху двигуном. Чим довше триває контакт, тим більше "просочується" тіло цим імпетом. Невизначеність цього поняття унеможливила кількісний аналіз руху.

Бенедетті спростовує висновок Аристотеля щодо різної швидкості падіння тіл. Якщо є два тіла – важке та легке, то важке повинне падати швидше. З'єднаємо їх. Оскільки легке тіло має падати повільніше, воно має уповільнити падіння важкого. З іншого боку, отримане після з'єднання тіло ще важче і тому має падати швидше за важке. Отримуємо протиріччя.

Бенедетті навів математичні докази наступного твердження: "Два тіла однакової форми і однакового роду ... в одному і тому ж середовищі проходять рівні відстані за рівний час". Таким чином, до кінця XIV століття наукова думка наблизилася до поняття інерції.

У 1543 році друкується відома праця Миколи Коперника "Про обертання небесних сфер" в якому він викладає геліоцентричну модель будови світу. До ідеї руху Землі Коперник прийшов, керуючись більшою мірою почуттям гармонії природи, а не науковими даними. До XVI століття геоцентрична модель Птолемея неймовірно ускладнилася. Зростання точності астрономічних спостережень вимагало збільшення кількості планетних епіциклів до кількох десятків. Система світу Коперника носила скоріше філософський та естетичний характер. Рухи планет Коперник вважав круговими та рівномірними з тієї ж причини. Наукові ідеї Коперника походять із його віри у світову гармонію.

Сучасний науковий підхід до фізичних досліджень починається з робіт італійського вченого Галілео Галілея, який народився 18 лютого 1564 року. Галілей ставить та розвиває науковий експеримент. Треба сказати, що і до Галілея проводилися фізичні експерименти, але вони не відрізнялися від простого життєвого спостереження.

Галілей продовжує погляди Бенедетті та полемізує з Аристотелем, використовуючи поняття імпетом. Галілей стверджує, що імпетом пояснює процес вільного падіння тіл і немає потреби в їхньому підштовхуванні повітрям, придуманим Аристотелем.

Галілей вважає, що властивості тіл "важке" і "легке" не абсолютні, а залежать від середовища, в якому вони знаходяться. Якщо тіло важче середовища, воно опускається, якщо легше, то піднімається. Тут уперше з'являється можливість переходу від якісного до кількісного опису механічного руху. Згідно з Галілеєм, рух вгору це не природний рух, а рух, причиною якого є виштовхування іншими, більш важкими тілами. Тут можна побачити продовження міркувань Архімеда про плавання тіл. Єдиним природним рухом Галілей визнає рух униз, тобто до центру світу.

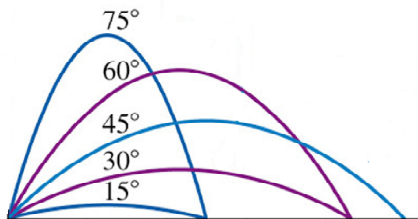
Оскільки вага тіла залежить від навколишнього середовища, Галілей приходив до висновку про те, що тільки в порожнечі тіла мають абсолютну вагу і рухаються зі своєю швидкістю. Рух тіл потребує сили, але ця сила на думку Галілея знаходиться всередині тіл.

Галілей ставить перед собою завдання математизації фізики Аристотеля: "Філософія написана у найбільшій книзі, яка постійно відкрита нашим очам (я говорю про Всесвіт); але не можна її зрозуміти, не навчившись розуміти мову та розрізняти знаки, якими вона написана. Написана ж вона мовою математичною, і знаки її суть трикутники, кола та інші математичні фігури".

Описуючи рух тіл, Галілей розділяє відповіді на питання "як рухається" і "чому рухається" тіло. Він відповідає лише на перше запитання, намагаючись сформулювати загальний закон руху падаючого тіла. Але падіння тіл – це швидкоплинний процес. На той час не було можливості достатньо точного виміру часу. Тому Галілей вирішує уповільнити вільне падіння, замінюючи його рухом по нахиленій площині. Галілей не вводить поняття прискорення вільного падіння, а вимірює відстані та часи руху, досліджуючи їх пропорції. Йому вдається встановити наступний факт: якщо час відраховувати через рівновіддалені інтервали 1, 2, 3, 4, ..., тоді відрізки шляху, пройдені від початку руху, будуть відноситись як квадрати цих чисел 1, 4, 9, 16, ..., а відрізки, пройдені між сусідніми відліками, як непарні числа 1, 3, 5, 7,

Потім Галілей переходить до дослідження руху тіла, кинутого під кутом до горизонту. Його здогад був геніально простий: рух такого тіла складається з рівномірного прямолінійного горизонтального руху та вільного падіння. Звідси випливає, що тіло рухається параболою. Використовуючи цей результат, Галілей склав таблицю дальності польоту кулі або ядра під час стрільби. Він довів, що для кутів з горизонтом, що дають у сумі 90° , дальності польоту однакові за однакової початкової швидкості.

На початку XVII століття конічні перерізи, до яких належить парабола, здавалися математичною абстракцією. Галілей показує, що це не так – вільне падіння відбувається по параболічній траєкторії. Пройде кілька років, і Йоган Кеплер прийде до висновку, що планета Марс рухається навколо Сонця по еліпсу. Цікаво, що Галілей листувався з Кеплером, але не



визнавав його законів, які описують рух планет. Він був упевнений, що планети здійснюють рівномірні кругові рухи.

Галілей заклав основи статyki та винайшов перший термометр – термоскоп. Галілей вперше застосував винайдену в Голландії зорову трубу для астрономічних спостережень і зробив кілька відкриттів, які стали доказом правоти Коперника: супутники Юпітера, фази Венери, зоряний склад Чумацького Шляху, плями на Сонці, гори на Місяці. Цього було достатньо, щоб відкинути картину світу Аристотеля.

Галілей вперше сформулював науковий метод: з урахуванням фактів будується гіпотеза, з гіпотези випливають наслідки, отримані наслідки перевіряються експериментально. Метод дозволив передбачати нові факти, перевіряти їх і, якщо вони підтверджуються, гіпотеза стає науковою теорією або законом.

Роботи Галілея з механіки показали, що інтуїтивні висновки зі спостережень можуть призводити до помилок. Навколишня реальність складна і різноманітна. Треба зуміти виділити головне у фізичному явищі, спростити його опис шляхом нехтування несуттєвим, другорядним. Наприклад, Аристотель, спостерігаючи рух візка дорогою, дійшов висновку, що він зупиниться, якщо припиниться діюча на нього сила. Галілей спробував з'ясувати, чому зупиняється візок? Щоб подовжити тривалість його руху без застосування зовнішньої сили треба зменшити силу тертя. Чим менша сила тертя, тим довший шлях візка. Якщо сила тертя відсутня, шлях стане нескінченно довгим.

Далі Галілей міркує так: "...Швидкість, одного разу надана тілу, яке рухається, буде зберігатися, оскільки усунути зовнішні причини прискорення або уповільнення, – умова, яка виявляється тільки на горизонтальній площині: З цього випливає, що рух горизонтальною площиною вічний, бо, якщо швидкість буде постійною, рух не може бути зменшений або ослаблений, а тим більше знищений". Цього висновку можна дійти лише шляхом роздумів. Це вже уявний експеримент, який пізніше використовував Ньютон та Ейнштейн при створенні класичної та релятивістської механіки.

Галілео Галілей зруйнував інтуїтивні погляди на світ і створив фізичну науку в її сучасному розумінні. Для цього він використовував математичні методи щодо фізичних явищ: ввів у дослідження фізичний експеримент, а результати експерименту описував кількісно. Галілей запропонував використовувати уявний експеримент як продовження фізичного експерименту, як ідеалізацію фізичного явища. Так, наприклад, він поміщав спостерігача в ідеальну інерційну систему відліку або розглядав рух куль по похилій площині без тертя. А. Ейнштейн та Л. Інфельд так характеризували внесок Галілея у розвиток науки: "Відкриття, зроблене Галілеєм, та застосування ним методів наукового міркування були одним із найважливіших досягнень в історії людської думки, і воно відзначає дійсний початок фізики. Це відкриття вчить нас тому, що інтуїтивним висновкам, що базуються на безпосередньому спостереженні, не завжди можна довіряти, оскільки вони іноді ведуть хибним шляхом".

Іменем Галілея названі кратери на Марсі, видимому боці Місяця та астероїд №697.