

## КНИГА, З ЯКОЇ ПОЧИНАЄТЬСЯ НАУКА ФІЗИКА

## До 325-річчя "Математичних начал натуральної філософії" І. Ньютона

325 років тому, влітку 1687 року, побачила світ фундаментальна праця Ісаака Ньютона "Математичні начала натуральної філософії". За життя автора праця видавалася ще двічі – у 1713 і 1725 рр.

"Начала натуральної філософії" Ньютона становлять неперушну основу теоретичної механіки, астрономії та фізики. Лагранж назвав цей твір "найвеличнішим з творів людського розуму", тому зрозумілою є та користь, яку кожен може отримати з вивчення цього твору", – так починає "Передмову перекладача" до видання праці Ньютона російською мовою академік С.О.Крилов – знаменитий механік, математик, теоретик кораблебудування.

В історії науки "Начала" Ньютона зіграли виняткову роль. З цієї книги не тільки починається історія фізики як науки. Ця книга мала величезний вплив і на основоположника класичної політекономії Адама Сміта, а на молодого Іммануїла Канта, і на французьких філософів-просвітників... На жаль, у наш час мало хто відкриває "Начала" Ньютона і знайомиться, бодай, з передмовами до книги. Більше того, в останні десятиріччя вийшло безліч праць, де принципи механіки Ньютона проголошуються застарілими, а йому приписуються погляди, яких він не тільки не мав, але й проти яких рідше виступав, зокрема введення у фізику дії на відстані.

Слід зауважити, що фальсифікація поглядів Ньютона розпочалася ще за його життя – під час підготовки другого видання "Начал", яку здійснював кембриджський професор астрономії та експериментальної фізики Роджер Котс під керівництвом ініціатора видання директора Триніті-коледжу Кембриджа єпископа Річарда Бентлі. Тому, з нагоди ювілею великої книги Ньютона, думаю, найкраще буде не повторювати ще раз відомі слова про її історичну роль, які можна знайти в енциклопедіях, а коротко розповісти про деякі викладені в ній ідеї – ті, завдяки яким ця книга стала початком нової ери в науці. Але спочатку кілька слів про обставини появи цієї книги.

Над своїм великим твором Ньютон почав працювати влітку 1684 р. На той час він уже 15 років був професором математики Триніті-коледжу і 12 – членом Лондонського королівського товариства, куди був обраний за винахід дзеркального телескопа. Ньютон також винайшов метод нескінченно малих і виконав відомі дослідження з оптики. Слід зауважити, що полеміка з приводу цих досліджень надовго відбила у нього бажання публікувати нові результати і втягуватися в дискусії. Невідомо, коли і в якій формі побачили б світ результати досліджень Ньютона з механіки, якби не його друг астроном Едмунд Галлей.

Влітку 1684 року Е.Галлей, Роберт Гук – секретар Королівського товариства, Крістофер Рен – член Товариства і знаменитий архітектор під час зустрічі в одній з лондонських кав'ярень обговорювали питання про траєкторію руху небесних тіл, які притягуються до сили, що обернено пропорційна квадрату відстані між ними. Р.Гук стверджував, що знає розв'язок цієї задачі і пообіцяв представити його, однак обіцянку не виконав. Тоді Галлей, перебуваючи в серпні 1684 р. у Кембриджі, звернувся з цим запитанням до Ньютона, який, не роздумуючи, відповів: "Еліпс" і додав, що знає це з 1679 року. У листопаді 1684 року він передав рукопис Галлею, про що той доповів Королівському товариству 10 грудня. Рукопис з розв'язком задачі Товариство отримало в лютому 1685 р., але, за бажанням Ньютона, його не віддали до друку, а лише зареєстрували на випадок захисту пріоритету.

Через рік у протоколах засідань Товариства з'явився історичний запис: "28 квітня 1686 р. 0-р Вінцент передав

манускрипт Ньютона під заголовком "Principia mathematica philosophiae naturalis", де дається математичне доведення гіпотези Коперніка в тому вигляді, як вона була запропонована Кеплером, і всі небесні рухи пояснюються на підставі єдиного припущення про тяжіння до центру Сонця, обернено пропорційного квадрату відстані".

19 травня 1686 р. було прийнято рішення надрукувати працю Ньютона на кошти Товариства, але грошей не було, оскільки перед тим Товариство видало книгу "Історія риб" (автори Willughly і Ray), яка не мала попиту, і вичерпало свій бюджет. Тоді Галлей вирішив видати "Начала" власним коштом. Друк праці (у трьох книгах) тиражем 300 примірників завершився у липні 1687 р.

"Начала" Ньютона справили величезне враження на вчений світ. Це була перша праця, де розглядалися не ті чи інші проблеми механіки, а механіка взагалі. В першій книзі Ньютон дав визначення основних понять механіки, а також сформулював основні закони. В другій книзі він розглянув рух тіл у середовищі. Третя книга містила теорію руху небесних тіл. Книга викликала гарячу полеміку, зокрема через те, що її ідеї суперечили поглядам тодішніх основних шкіл філософії.

У передмові до першого видання Ньютон ясно виклав замисел своєї праці і сформулював величезну програму дослідження природи, яку потім реалізувало не одне покоління вчених. Він писав:

"Оскільки давні вчені, за словами Папуса (Паппус, Папп – грецький математик, III ст. – В.І.) надавали великого значення механіці при вивченні природи, то новітні автори, відкинувши субстанції і приховані властивості, намагаються підкорити явища природи законам математики... Стародавні автори розглядали механіку довжкою: як раціональну (умоглядну), що розвивається точними доказами, і як практичну. До практичної механіки відносяться всі ремесла і виробництва, іменовані механічними, від яких отримала свою назву і сама механіка.

Оскільки ремісники задовольняються в роботі лише малим ступенем точності, то склалися думка, що механіка тим відрізняється від геометрії, що все цілком точно належить до геометрії, менш точно відноситься до механіки... Однак саме проведення прямих ліній і кіл, що служать основою геометрії, по суті відноситься до механіки. Геометрія не вчить тому, як проводити ці лінії, але припускає (постулює) здійснення цих побудов... Отже, геометрія ґрунтується на механічній практиці і є не чим іншим, як частиною загальної механіки, в якій викладається і доводиться мистецтво точного вимірювання. Але оскільки у мистецтвах і виробництвах доводиться здебільшого мати справу з рухом тіл, то зазвичай все, що стосується лише величини, відноситься до геометрії, а все, що стосується руху, до механіки.

У цьому сенсі раціональна механіка є вченням про рухи, що викликані будь-якими силами, і про сили, що необхідні для спричинення будь-яких рухів, точно викладеним і доведеним.

У давнину ця частина механіки була розроблена лише у вигляді вчення про п'ять машин (важіль, колесо, блок,

гвинт, клин – В.І.); при цьому навіть вага (оскільки це не є зусилля, що розвивається руками) розглядалася ними не як сила, а лише як вантаж, що рухається вказаними машинами. Ми ж, розмірковуючи не про ремесла, а про вчення про природу, і, отже... про сили природи, будемо, головним чином, займатися тим, що відноситься до тяжкості, легкості, сили пружності, опору рідин і подібних сил – притягальних або напірних. Тому й твір цей нами пропонується як математичні основи натуральної філософії (фізики).

Уся складність фізики, як буде видно, полягає в тому, щоб за явищами руху розпізнати сили природи, а потім за цими силами пояснити інші явища. Для цієї мети призначені засадні припущення, викладені у першій і другій книгах. У третій же книзі ми даємо приклад вищезгаданого програми, пояснюючи систему світу, бо тут з небесних явищ, за допомогою припущень, доведених у попередніх книгах, математично виводяться сили тяжіння тіл до Сонця і окремих планет. Потім з цих сил, а також за допомогою математичних припущень виводиться рух планет, комет, Місяця і моря.

Бажано було б вивести з начал механіки інші явища природи, розмірковуючи подібним же чином, бо багато що змушує мене думати, що всі ці явища обумовлюються деякими силами, з якими частинки тіл, внаслідок причин поки що невідомих, або прямують одна до одної і поєднуються у правильні фігури, або ж взаємно відштовхуються і віддаляються одна від одної. Оскільки ці сили невідомі, то досі спроби філософів пояснити явища природи залишилися безплідними...

При виданні цього твору посприяв гострий розумом і у всіх галузях науки вчений вірш Едмунд Галлей, який не тільки виправив друкарські коректури і піклувався про виготовлення малюнків, але навіть лише за його наповненням я приступив і до самого видання..."

Ще раз повторю слова з цієї передмови, якими коротко виражено метод дослідження Ньютона: "за явищами руху розпізнати сили природи, а потім за цими силами пояснити інші явища".

Більш докладно метод Ньютона описав Роджер Котс у передмові до другого видання "Начал".

"Тих, що намагаються викладати фізику взагалі можна віднести до трьох категорій. Насамперед відляються ті, що приписують різного роду предметам спеціальні приховані якості, від яких невідомо яким чином і має відбуватися, на їх думку, взаємодія окремих тіл. У цьому полягала суть схоластичних вчень, що беруть свій початок від Аристотеля і перипатетиків. Вони стверджували, що окремі дії тіл відбуваються внаслідок особливості самої їх природи, в чому же ці особливості полягають, вони не вчили, отже, по суті, вони нічого не вчили. Таким чином все зводилося до найменування окремих предметів, а не до самої суті справи, і можна сказати, що ними створено філософську мову, а не саму філософію.

Другі... стверджували, що вся матерія у всесвіті однорідна і що всі відмінності видів, які помітні у тілах, обумовлені деякими простими і доступними розумінню властивостями частинок, що складають тіла... Але вони надають собі право припускати які їм заманеться невідомі види і величини частинки, невизначені їхні розташування і рухи, а також вигадувати різні невідчутні рідини, що вільно проникають через пори тіл і мають всемогутню тонкість і приховані рухи.

...Вони, запозичивши основу своїх міркувань з гіпотез, навіть якби все подальше розвивали дуже точно на основі законів механіки, створили б велими витончену й гарну байку, але лише байку.

Залишається третя категорія – послідовники експериментальної філософії (тобто експериментального методу при дослідженні явищ природи). Вони також прагнуть вивести причини всього суцього з можливо простих начал, але вони нічого не приймають за начало, крім того, що підтверджується явищами, які відбуваються. Вони не придумують гіпотез і не вводять їх в фізику інакше, як у вигляді припущень, справедливості яких необхідно дослідити. Таким чином, вони користуються двома методами – аналітичним і синтетичним. Сили природи і найпростіші закони їх дії вони виводять аналітично з певних явищ, а потім синтетично отримують закони інших явищ. Ось це-то найкращий спосіб дослідження природи і прийнятий нашим славнозвісним автором..."

Варто зауважити, що метод досліджень Ньютона – це не індукція, як стверджувало багато філософів, а поєднання аналізу і синтезу, коли на основі вивчення явищ висловлюються припущення про їх причини (начала), які використовуються для пояснення інших явищ, і тільки успіх цих пояснень дає підстави для висновку про істинність припущень.

Філософ, який написав, що "Спіноза виходить із яснопродуманих передумов, а Ньютон, роблячи вигляд, ніби у нього взагалі ніяких передумов немає, виходить з незрозумілих для себе самого передумов, аксіом і постулатів", схоже, ніколи не читав праць Ньютона. До речі, Ньютон не тільки проводив дослідження дійсно науковим методом (посуджуючи аналіз і синтез, використовуючи спостереження, експеримент і теоретичні дослідження), але й на початку першої книги "Начал" чітко

сформулював основні визначення і принципи, а на початку третьої подав "Правила філософствування", перше з яких гласить: "Не слід приймати в природі інших причин понад тих, які є істинними і достатні для пояснення явищ...".

Нерозуміння суті методу Ньютона дало підстави деяким філософам, починаючи з Гегеля, заявити, що закон всесвітнього тяжіння, по суті, відкритий Кеплером, оскільки його можна математично вивести з третього закону Кеплера.

Ньютон спростував це звинувачення ще тоді, коли Гегеля не було на світі (відповідаючи на претензію Гука на відкриття закону всесвітнього тяжіння). Оскільки існують похибки вимірювань, ніхто ніколи не доведе на підставі спостережень, що в законі всесвітнього тяжіння відстань між небесними тілами стоїть у степені 2, а не, наприклад, в степені 2,0000006. Більше того, оскільки планети притягуються не тільки до Сонця, але й одна до одної, точні спостереження показують, що рух планет суперечить законам Кеплера.

Ньютон же, проаналізувавши рух Місяця, планет, тіл на поверхні Землі, шляхом індукції отримав припущення про те, що всі тіла притягуються із силою, обернено пропорційною квадрату відстані. Поклавши це припущення в основу теорії руху різних небесних тіл і отримавши узгодженість розрахунків з даними спостережень, Ньютон зробив висновок про істинність цього припущення.

У передмові до другого видання "Начал" Р.Котс згадає "покидьків того безбожного стада, які думають, що світ управляється роками, а не провидінням, і що матерія, в силу своєї власної необхідності, завжди і скрізь існувала, що вона нескінченна і вічна", а далі робить висновки: "Треба бути сліпим, щоб з найпрекраснішої і наймудрішої будови світу не побачити найвеличнішої доброти всемогутнього Творця, треба бути божжевільним, щоб цього не визнавати. Тому чудовий твір Ньютона є найвірнішим захистом проти нападів

безбожників, і ніде не знайти кращої зброї проти нечестивої зграї, як у цьому сагайдаці".

Щоб книга Ньютона змогла стати такою зброєю, Р.Котс вніс до її тексту низку змін, не завжди узгоджених з автором (див.: Цейтлін З.А. "Наука і гіпотеза". М.-Л., Госиздат. 1926).

З того часу Ньютону приписують уявлення про те, що тяжіння є такою суттєвою властивістю тіл, яку пояснювати не треба, що тіла можуть діяти на відстані через абсолютну пустоту (дальнодія) і що наука має обмежитися описом явищ. Дійсні погляди Ньютона можна зрозуміти наступних висловлювань.

Ньютон, зокрема, писав: "Назву притягання (центром), натиск або "прагнення" (до центру) я застосовую однаково одне замість іншого, розглядаючи ці сили не фізично, а математично"; "Розглядаючи доцентрову силу як притягання, варто було б, якщо виражатися фізично, іменувати її більш правильно напором".

У листі до Бентлі від 25 лютого 1693 р., Ньютон писав: "Припускати, що тяжіння є суттєвою, нерозривною та вродженою властивістю матерії, так що тіло може діяти на інше на будь-якій відстані в порожньому просторі, без посередництва чогось, що передає дію і силу, це, на мою думку, такий абсурд, який немислимий ні для кого, хто вміє достатньо розбиратися в філософських предметах. Тяжіння повинно бути обумовлене агентом, що постійно діє за певними законами".

З приводу дії на відстані: "Тепер варто було б децю додати про дуже тонкий ефір (spiritus), силою і дією якого частинки тіл при дуже малих відстанях взаємно притягуються, а при дотиканні зчіпляються; наелектризовані тіла діють на великі відстані, як відштовхуючи, так і притягуючи близькі малі тіла, світло випромінюється, відбивається, заломлюється... Але це не можна викласти коротко, до того ж немає і достатнього запасу дослідів, якими закони дії цього ефіру були б точно визначені і показані".

"Я не придумую гіпотез (hypotheses non fingo). Все, що не виводиться з явищ, має називатися гіпотезою; гіпотезам же метафізичним, фізичним, механічним, прихованим властивостям не місце в експериментальній філософії".

Хибним є твердження, нібито Ньютон запровадив методологію "чистого опису" природи, ввівши поняття сили. Насправді він підкреслював, що сила – це тимчасовий крок, математична фікція, яка спрощує рух вперед в пізнанні природи.

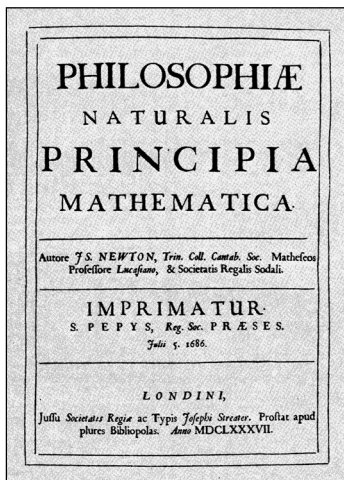
Не могу не зауважити, що багато хто некритично повторює слова Ернста Маха з приводу ньютонівського абсолютного простору і часу: їх треба відкинути, як чисто абстрактні речі, які дослідими не виявляються. За такою логікою слід відмовитися від усіх абстракцій – чисел, геометричних фігур, загальних понять, які теж не підлягають експериментальним дослідженням. А ще Мах назвав неправильним ньютонівське визначення маси як добутку густини на об'єм, не розібравшись, що під густиною Ньютон розумів кількість атомів в одиниці об'єму.

...Сьогодні все більше авторів пише про кризу фізики у ХХ – на початку ХХІ ст. Кількома мовами перекладено книги Джона Хорана "Кінець науки" (1996 р.) і Лі Смоліна "Неприємності з фізикою" (2006 р.), в яких є констатація кризи, але немає навіть натяків на шляхи виходу з неї. І, здається, я знаю чому. Тому, що автори цих книг не мають жодного уявлення про методи дослідження основоположника фізики. Отже, читайте праці І.Ньютона, і насамперед – "Математичні начала натуральної філософії"!

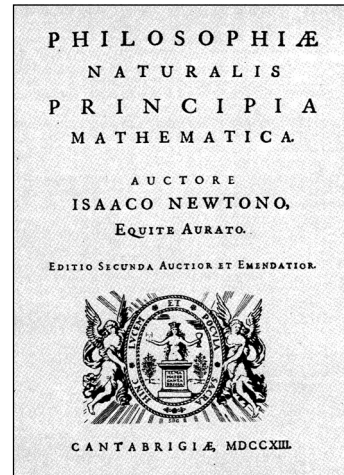
В. Ігнатюк, к.т.н.



І. Ньютон



Титульна сторінка першого видання "Начал"



Титульна сторінка другого видання "Начал"