

ІСТОРИЧНІ КОРИННЯ ЗАКОНІВ ЗБЕРЕЖЕННЯ

В даній статті розглянуто зародження та становлення законів збереження в умовах швидкоплинного розвитку наукової картини Світу.

Ключові слова: закон, збереження, історія, енергія, імпульс, механіка, ідея.

In this article the origin and development of conservation laws in a fast-developing scientific picture of the World.

Keywords: law, preservation, history, energy, momentum, mechanics, idea.

Постановка проблеми. Виняткова узагальненість і універсальність законів збереження визначають їх наукове методологічне і філософське значення. Вони є основою важливих розрахунків у фізиці, дозволяють у певних випадках передбачити різні ефекти і явища при дослідженні різних фізико-хімічних систем та процесів. У законах збереження знаходить своє відображення важливий діалектико-матеріалістичний принцип не зникнення матерії і руху, взаємозв'язок між різними формами рухомої матерії і специфіка перетворення однієї форми руху в іншу. Відкриття і узагальнення цих важливих законів природи відбувалося разом із розвитком всієї фізичної науки, від перших здогадок античних натурфілософів через класичну механіку і електродинаміку до теорії відносності, квантової механіки і фізики елементарних частинок. Розвиток ідей збереження вплинуло на формування фундаментальних гіпотез класичної та сучасної фізики.

Аналіз досліджень і публікацій. Наукові надбання відомих вчених з проблем становлення законів збереження (Аристотель, Галілей, Г. Лейбніц, К. Гюйгенс, В. Паулі та інші) є вагомим історичним «скарбом» і визначили необхідність здобуття студентами знань з даного питання.¹

Метою статті є з'ясування особливості становлення та розвиток законів збереження, починаючи з праць філософів античного періоду.

Виклад основного матеріалу. Перші ідеї про збереження матерії і руху зустрічаються ще в працях натурфілософів античного періоду. В IV столітті до нашої ери представники іонійської філософської школи всю багатообразність природи намагались пояснити рухом деякого єдиного матеріального початку. Розвиток цих ідей виявлено у роботах Геракліта Ефеського, Демокріта, Левкіппа і Епікура. Атомісти визнавали вічним рух. У III столітті до нашої ери Евклідом було відкрито закон прямолінійного поширення світла, закони відбивання і побудова зображень у дзеркалах.

Атомісти висловлювали ідею збереження в різних формах. Так, Демокріту належить вислів: «Ніщо з того, що є, не може зникнути. Будь-яка зміна є тільки з'єднання і розподіл частин» [8, с. 34]. Аналогічну думку висловлював і Епікур: «Ніщо нове у Всесвіті не виникає ззовні вже того, що відбувалося в безграничному часі» [9, с. 117].

Велике значення у розвитку вчення про рух були ідеї Аристотеля. Великий філософ давнини погоджувався з атомістами, що в пустоті тіла, коли воно рухається, не зупиняється: «Адже чому воно швидко зупиниться тут, а не там?» — запитував він. Однак, говорив Аристотель далі: «Наявність середовища буде змінювати характер руху таким чином, що він буде відрізнятися від руху в пустоті. Саме по цій причині у звичайних умовах тіло не може рухатися необмежено» [1, с. 46].

Подальший розвиток ідей збереження руху одержав тільки в XIII столітті в період становлення і розвитку класичної механіки.

Від праць Галілея бере свій початок і ідея збереження деякої міри руху. Після роздумів античних натурфілософів Галілей, звернувшись до експерименту, чітко сформулював закон інерції, в якому побачив прояв основної властивості механічного руху — його незникність. В «Бесідах и математических доказательствах, касающихся двух новых наук» (1638 р.), Галілей так сформулював даний закон: «Коли тіло рухається по горизонтальній площині, не зустрічаючи ніякого опору руху, то рух його є

рівномірним і продовжувався б нескінченно, якщо б площина не мала в просторі кінця» [3, с. 51].

Свій висновок Галілей підтверджував декількома експериментами. В одному з них він вивчав рух тіл по похилій і приходив до висновку, що чим менший кут нахилу площини до горизонту, тим більший шлях має пройти тіло, щоб досягти попереднього положення. Коли кут нахилу буде рівний нулю і площина стане горизонтальною, тіло буде продовжувати рух нескінченно з постійною швидкістю. В дослідах з похилою площиною Галілей доводить також важливу твердження про те, що швидкість вільно падаючого тіла залежить тільки від відстані по вертикалі між початковим і кінцевим положенням цього тіла. Також важливі праці Галілея тим, що він вперше відкрив деякі механічні принципи, які в подальшому розвитку фізики стали наслідками закону збереження енергії, а також Галілей зробив спробу встановити міру механічного руху, його кількісного виразу. Цією мірою є деяка величина, яку Галілей називав «моментом» [3, с. 72].

В історичному аспекті ідея збереження і перетворення енергії є поєднанням двох напрямків. Так, перший полягав у розвитку і узагальненні уявлень про «величину» у механічному русі тіла чи системи тіл, а другий здійснювався у послідовному розвитку кінетичного уявлення про теплоту. Це чудово демонструють узагальнення Р. Маєра, Д. Джоуля та Г. Гельмгольца.

Французький вчений Р. Декарта відіграв досить важливу роль у введенні понять «сила» та «робота». Так, у листі до К. Гюйгенса Рене писав наступне: «винайдення всіх машин здійснюється на одному фундаментальному законі, а саме, що однакова сила потрібна для підняття вантажу, наприклад, в 100 фунтів на висоту двох футів і вантаж в 200 фунтів на висоту одного фута» [12, с. 86]. Поняття «сила» вживається як дія сили. Через рік вчений писав М. Марсенну, що на кінець, Ви слово «сила» у цьому розумінні трактуєте, у якому я його розумію, коли говорю, що необхідна однакова сила для підняття вантажу в 100 фунтів на висоту одного фута, як вантажу в 50 фунтів на висоту 2 фута [12, с. 87]. Про силу Р. Декарт говорив

у трьох вимірах: в статиці – вага і зусилля людини чи тварини, у динаміці «щось», яке впливає на рух і назване потужністю, ефектом, моментом. Слово «сила» могло визначати і поняття роботи. Із механічних положень Р. Декарт виводив необхідність збереження кількості руху у Всесвіті і приводить приклад. У всій створеній матерії є відома кількість руху, яка ніколи не збільшується і не зменшується. Якщо камінь падає з високого місця на землю, то у випадку, коли він не підскакує, а залишається, вчений допускає, що він коливає землю і передає їй свій рух. Але земля має в тисячу, наприклад, раз більшу матерію, ніж скільки міститься у камені, то передавши свій рух, він може передати тільки в тисячу разів меншу швидкість. В книзі «Початки філософії» Р. Декарт виводить необхідність збереження запасу руху із теологічного характеру: бог є причина руху, і він зберігає однакову її кількість у природі, хоч далі у нього рух є тільки модус рухомої матерії і має певну кількість руху, який ніколи не зникає. За всіх недоліків, визначений ним закон збереження сприяв розвитку всієї механіки.

Г. Лейбніц запровадив поняття активної і пасивної сили (рівновага), замість терміну «маса» вживав термін «величина». Не розділяв точки зору, що творець намагається зберегти у природі одну і ту ж кількість руху. Г. Лейбніц стверджував, що величина сили змінюється не добутком маси на швидкість, а добутком маси на висоту падіння, яка викликає цю швидкість [13, с. 120]. Неможливість побудови вічного двигуна Г. Лейбніц розглядає як аксіому. Істинною мірою є добуток із «величини тіла» на квадрат швидкості. В 1695 році вчений розділив поняття «мертвої» і «живої» сили. Для мертвих сил справедлива міра mv в її сучасній трактовці. Жива сила сумується із нескінченного числа імпульсів мертвої сили. Строге доведення збереження живої сили дав К. Гюйгенс при розгляді теорії удару.

І. Бернуллі ж виступив на захист міри Г. Лейбніца mv^2 . Нині добуток швидкості та масу тіла є імпульсом тіла, а половина добутку маси тіла на квадрат його швидкості – кінетичною енергією. Триста років тому були лише сумніви з даного приводу, яку в значній мірі розвіяв син І. Бернуллі Даніїл.

Він застосував закон живих сил до різних задач механіки й поклав їх в основу своєї «Гідродинаміки» (1738 рік), де встановив закони руху рідини. Достойно оцінив роботу Даніїла Ж. Лагранж: «Даніїл Бернуллі розширив цей принцип і вивів із нього закони руху рідких тіл, поміщених у посудини; до нього ця проблема завжди досліджувалась поверхово і довільно. В «Memoires de Berlin» він узагальнив цей принцип, показав, як його можна застосувати до руху тіл, що знаходяться під дією довільних сил взаємного притягання чи які притягуються до нерухомих центрів силами, пропорційними будь-яким функціям відстані» [6, с. 315-316].

На уроках фізики варто, для кращого засвоєння даного навчального матеріалу, познайомити учнів з історичною цікавою оцінкою принципу живих сил, яку дав Ж. Лагранж. Він вважав, що всі принципи і теореми відомі під назвою принципів збереження живих сил, збереження руху центру тяжіння, збереження моментів обертання чи принципу площі і принципу найменшої дії [6, с. 314]. Їх потрібно розглядати не як первинні принципи динаміки, а загальні висновки із законів динаміки. Про принцип збереження живих сил він пише, що цей принцип був відкритий К. Гюйгенсом у формі, дещо відмінній від тієї, яка була дана в наступному.

У К.Гюйгенса положення зводиться до рівності між зниженням і підвищенням центру тяжіння множини важких тіл, які падають будучи з'єднаними разом, а потім піднімаються окремо, причому кожне з них піднімається вгору з тією швидкістю, яку воно набуло при падінні. Але, згідно з відомими властивостями центру тяжіння, шлях, пройдений центром в будь-якому напрямі, визначається відношенням суми добутоків маси кожного тіла на шлях, пройдений ним в тому ж напрямку, до суми цих мас. З іншої сторони, згідно теореми Галілея, вертикальний шлях, пройдений важким тілом, пропорційний квадрату швидкості, яку тіло набуло при вільному падінні і з якою воно може знову піднятися на ту ж висоту [5, с. 91].

Таким чином, принцип Гюйгенса зводиться до того, що при русі твердих тіл сума добутоків мас на квадрат швидкостей в будь-який момент

має одне й те ж значення незалежно від того, рухаються тіла, перебуваючи якимось чином пов'язаними один з другим, чи вони вільно пробігають ті ж вертикальні шляхи. Другий принцип був висунутий І. Ньютоном, який доводить, що стан спокою чи руху центру тяжіння декількох тіл не зміниться внаслідок взаємної дії цих тіл. Цей принцип визначає рух центру тяжіння. Третій принцип – це принцип збереження моментів обертання, або принцип площ, був відкритий у різних видах Л. Ейлером, Д. Бернуллі і К. Дарсі і полягає в тому, що при русі декількох тіл навколо нерухомого центру, сума добутків маси кожного тіла на його швидкість обертання навколо центру і на відстань його від того ж центру є завжди незалежною від взаємної дії, які тіла можуть здійснювати одне на друге, і повинна завжди залишатись незмінною, якщо немає якоїсь зовнішньої дії чи перепони [6, с. 317].

Також до заслуг Р. Декарта потрібно віднести те, що він сформулював закон збереження імпульсу: «Коли одна частинка матерії рухається вдвічі швидше другої, а ця остання за величиною вдвічі більша першої, то в меншій скільки ж руху, скільки і у більшій із частинок; і що наскільки рух однієї частинки сповільнюється, настільки ж рух якоїсь іншої частинки зростає» [2, с. 443].

Російський вчений М. Ломоносов (1711-1765), висувуючи декілька аргументів проти теорії теплорода, відзначив, що теплорід не ґрунтується на будь-якому законі збереження матерії тепла: «якщо змішати поварену сіль зі снігом чи подрібненим льодом, то маємо речовину з допомогою якої перетворюють воду в будь-якій посудині у лід». Вчений пропонує такий дослід: якщо вставити в сніг термометр і склянку з водою і до снігу примішати сіль, то легко побачити, що в той час як вода перетворюється у лід і холодна суміш стискується, спирт в термометрі все-таки опускається. «Таким чином, ніякий елементарний вогонь не вривається в неї з із води; але скоріше сніг, що розтає від дотику з більш теплою водою, діє на сіль, розчиняє її, охолоджується і набуває меншу степінь теплоти, ніж вода, що переходить у лід» [7, с. 53].

Всі тіла, за Ломоносовим, можуть ділитися на дуже дрібні частини, межею яких є «дрібненькі нечутливі частинки, фізично розділені». Ці частинки непроникні, володіють силою інерції і протяжністю. Кожна частина складається із певної кількості речовини. До руху «нечутливих частин» застосовуються всі теореми механіки твердого тіла. Дякуючи руху цих частинок тіла одержують свої якості: вони можуть бути теплими і холодними, володіти тим чи іншим запахом або кольором. До теплових явищ він застосовує закон збереження матерії і руху. В 1756 році експериментально обґрунтовує закон збереження речовини у хімії. «Між різними хімічними дослідами, яких журнал на 13 листах, зроблені досліди в заплавлених міцно скляних посудинах, щоб дослідити: чи прибуває вага металу від чистого жару. Тими дослідами знайшлося, що славного Роберта Бойля думка помилкова, бо без пропущення зовнішнього повітря вага спаленого металу залишається в одній мірі» [7, с. 233].

Л. Ейлер у відгуку на роботу М. Ломоносова писав: «Всі ці твори не тільки хороші, але й прекрасні, бо він розкриває фізичні і хімічні матерії, самі потрібні і важкі, які зовсім невідомі і неможливі були до трактування, самими дотепними вченими людьми, з такою ґрунтовністю, що я повністю впевнений в точності його доведення» [7, с. 639].

Вперше зустрічається формулювання загального закону збереження в листі Ломоносова Л. Ейлеру від 5 липня 1748 року, відісланому останньому у відповідь на запрошення прийняти участь в науковому конкурсі, який був оголошений Берлінською Академією наук: «Всі зміни, що зустрічається в природі, проходять так, що якщо до чогось щось прибавилось, то це відбирається у чогось другого. Так, скільки матерії прибавляється якомусь тілу, скільки ж втрачається у другого, скільки годин я втрачаю на сон, скільки ж віднімаю від часу, що не сплю і т.д. Так як це загальний закон природи, то він поширюється і на правила руху: тіло, яке своїм поштовхом збуджує друге до руху, стільки ж втрачає від свого руху, скільки надає другому, ним штовхнутого» [7, с. 185]. Перша частина закону виражає

відомий з античності принцип збереження деякого першопочатку, який М.В.Ломоносов конкретизував у формі закону збереження речовини. Друга частина відтворює закон збереження кількості руху Декарта і, відповідно, також нічого не нового не містить. Об'єднавши два закони збереження в один загальний, що є заслугою М.В.Ломоносова, він тим самим підкреслив важливість законів збереження при дослідженні різних фізичних і хімічних явищ [4, с. 63].

Висновки. До кінця XVIII століття ідея збереження руху знайшла своє конкретне вираження в декількох фундаментальних механічних принципах та законах. Історично першим із них виявлено закон інерції. Відкритий Рене Декартом закон збереження імпульсу можна розглядати як подальше узагальнення ідеї збереження механічного руху. З відкриттям закону збереження моменту імпульсу рух дії закону Декарта було по суті перенесено з поступального руху на обертальний.

Закон збереження енергії в механіці XVIII столітті отримав своє формулювання в двох аспектах: в теоремі живих сил і в принципі виключення вічного двигуна. Обидва аспекти в різних формах виражали збереження механічної енергії. І хоча зв'язок між цими аспектами була ще скрита від погляду вчених, тем не менш ідея збереження руху в той час знайшла в них своє найбільш повне відображення [4, с. 53].

Для розширення закону збереження енергії на інші, немеханічні явища необхідно було вийти за межі механіки. Тільки лише до кінця 40-х років XIX століття були створенні необхідні передумови і вироблені основні фізичні поняття, на основі яких стало можливе узагальнення «теорем живих сил» до всезагального універсального закону збереження та перетворення енергії.

Також важливо відзначити, що в роботах Лагранжа по аналітичній механіці було вперше подано теоретичне обґрунтування законів збереження. Його виведення «теорем живих сил» і інших законів збереження з основних рівнянь динаміки, котрі стали класичними, широко в подальшому застосовувався його сподвижниками. Таким чином, вже в XVIII столітті

закони збереження механічних величин отримали як експериментальне, так і теоретичне обґрунтування.

Об'єднання М. Ломоносовим закону збереження речовини та кількості руху в один загальний підкреслює важливість законів збереження при дослідженні різних фізичних і хімічних явищ.

Список використаної літератури:

1. Аристотель. М.: Мысль, 1981. — Т. 3. — С.61.
2. Бекон Ф. Новый органон. М.: Изд-во АН СССР, 1938. — С. 135-485.
3. Галилей. Беседы. М.–Л.: Гостсхтеориздат, 1934. - С. 417.
4. Гельфер Я.М. Законы сохранения. — М.: Наука, 1967. — С. 264
5. Гюйгенс Х. Три мемуари по механике. — М.: АН СРСР, 1951. — С. 298.
6. Лагранж Ж.Л. Аналитическая механика. Т. 1.— М.: Наука, 1977. — С. 314 - 317.
7. Ломоносов М.В. Полное собрание сочинений. Т. 2. — М.: АН СССР, 1956. — С. 53-649.
8. Материалисты древней Греции. — М.: Госполитиздат, 1955. — С. 62.
9. Материалисты древней Греции. — М.: Госполитиздат, 1955. — С. 322.
10. Садовий М., Бахмач Є. Історія розвитку принципу збереження теплоти / Садовий М., Бахмач Є. // Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. — Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2009. — Ч. 1. — С.123-126.
11. Садовий М. І., Бугайов О. І. Ідотримання принципу історизму при викладанні законів збереження / Садовий М. І., Бугайов О. І. // Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. — Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2008. — Ч. 1. — С.48-54.
12. Descartes R. Correspondance, v. 12. — Paris, 1969, - P. 436.
13. Leibnitz G.W. Leibnizens mathematische Schriften. C.J. Gerhardt (Hrsg.) Zweiter Abt., Bd II. Halle, 1860, S. 117-123.