

## ДОСЯГНЕННЯ ВІТЧИЗНЯНОЇ НАУКИ В ГАЛУЗІ ТЕРМОДИНАМІКИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА РОЗВИТОК УЧЕННЯ ПРО ТЕПЛОТУ В XIX СТ.

*Микола ГОЛОВКО*

Вчення про теплоту в історії фізичної науки посідає особливе місце. Саме цей розділ фізики одним із перших почав розвиватися на високому рівні – теоретичному й експериментальному, що визначалося практичними потребами та науково-технічним прогресом.

Активні теоретичні дослідження, розробка фізичних теорій та гіпотез із термодинаміки, з одного боку, й вивчення можливостей їх застосування на практиці, з іншого, набули широкого розвитку на початку XIX ст. Серед інших чинників (зокрема, за логікою наукового пізнання) цьому сприяло винайдення наприкінці XVIII ст. парової машини. Перспективи її масового застосування для виробничих потреб стимулювали розвиток прикладної теплотехніки, що було неможливо без ґрунтовних досліджень із теоретичної термодинаміки.

Зазначимо, що вітчизняні вчені також не стояли осторонь цього процесу. Вітчизняна наука XIX ст. головним чином пов'язана з університетами Харкова, Києва, Одеси, Львова, в яких зароджуються та починають формуватися наукові школи з фізики. Саме вони визначатимуть розвиток фізичної науки, починаючи з другої половини XIX ст. До утворення потужних об'єднань провідних учених наукою займалися, як правило, окремі дослідники, викладачі профільних кафедр університетів.

Одним з перших наших співвітчизників, які зробили вагомий внесок до теорії і практики теплофізики, був видатний математик і механік, один із засновників математичної фізики **М. В. Остроградський** (1801–1861), виходець з Полтавщини, випускник Харківського університету.

М. В. Остроградський суттєво збагатив теоретичними дослідженнями теорію теплопровідності. У 1831 р. він розробив теорію теплопровідності рідин. У праці «Замітка з теорії теплоти» вчений наводить формулу, яка пов'язує інтеграл, узятий по об'єму, з подвійним інтегралом по поверхні. Виведена М. В. Остроградським формула донині використовується у фізиці та математичному аналізі.

Роботи вченого з математичної фізики стосуються важливих проблем розподілу теплоти, поширення хвиль на поверхні рідини, теорії удару, руху пружного тіла тощо [7, 99–104].

У 1834 р. Б. Клапейрон вивів рівняння стану ідеального газу, яке було узагальнене Д. І. Менделєєвим. Установлено основні газові закони. Р. Клаузіус і Дж. Томсон створили теорію другого начала термодинаміки, було введено поняття ентропії.

Проте недоліки цієї теорії призвели до появи гіпотези про «теплову смерть Всесвіту». Ця гіпотеза була спростована вченими Л. Больцманом та М. Пироговим, які запропонували статистичне доведення другого начала термодинаміки. Саме статистичне тлумачення цього закону дало змогу довести неабсолютність термодинамічної необоротності. Тому активного розвитку набуває статистична термодинаміка.

У новому науковому напрямку важливих результатів досяг талановитий фізик **В. О. Міхельсон** (1860–1927), який народився в Тульчині. В. О. Міхельсон стажувався у Г. Гельмгольца, 1894 р. захистив магістерську дисертацію з питань швидкостей займання газових сумішей. Учений аналітично обґрунтував друге начало термодинаміки [2, 239].

Стрімкий розвиток науки в другій половині ХІХ ст. поставив принципово нові завдання перед термодинамікою теплового випромінювання.

Г. Кірхгоф у 1859 р. відкрив закон теплового випромінювання, згідно з яким випромінювальна здатність абсолютно чорного тіла однакова для всіх тіл.

Й. Стефан у 1879 р. експериментально відкрив закон пропорційності сумарної енергії випромінювання абсолютно чорного тіла четвертому степеню температури, а Л. Больцман його теоретично обґрунтував.

Визначна роль у вивченні розподілу енергії у спектрі абсолютно чорного тіла належить В. О. Міхельсону. У праці «Дослід теоретичного пояснення розподілу енергії в спектрі абсолютно чорного тіла» В. О. Міхельсон уперше спробував установити вид функції  $\epsilon_{\chi, T}$ . Він дослідив, що в спектрі кожній температурі відповідає один максимум інтенсивності, положення якого залежить від температури тіла.

Отримані В. О. Міхельсоном кількісні результати були, щоправда, не досить точними, але якісні, без перебільшення, мали надзвичайно важливе значення для розвитку термодинаміки випромінювання. Тому недарма В. О. Міхельсона вважають попередником М. Планка, який висунув гіпотезу світлових квантів, що стала основою сучасних фізичних уявлень.

Визначних успіхів у цьому напрямку досяг один із засновників статистичної фізики **Мар'ян Смолюхівський**. У 1887 р. був створений Інститут фізики Львівського університету. Його першим директором став І. Занжевський (1860–1932). У 1893 р. тут було близька 600 фізичних приладів [5].

У 1889 р. в Інституті фізики розпочав свою діяльність М. Смолухівський. У своїх ґрунтовних працях з теорії флуктуацій він здійснив молекулярно-кінетичне обґрунтування II закону термодинаміки. Основні результати, отримані вченим, викладено в працях: «Середній рух газових молекул та його зв'язок з теорією дифузії», «До кінетичної теорії броунівського молекулярного руху і суспензії», «Молекулярно-кінетична теорія опалесценції газів у критичному стані та інших близьких явищ» [8, 25].

У 1876 р. у Київському університеті було організовано кафедру теоретичної фізики, яку очолив **М. М. Шілер** (1848–1910). Він став першим викладачем теоретичної фізики в Україні. У своїх працях він згідно з феноменологічним методом обґрунтував друге начало термодинаміки, вказав на можливість його формулювання без залежності від умов перетворення теплоти в роботу.

У праці «Про другий закон термодинаміки та про одне його нове формулювання» (1897) М. М. Шілер наводить математичне формулювання II закону, виходячи з інших, ніж Р. Клаузіус, принципів. Він визначив ентропію як функцію, що відрізняє оборотні адіабатичні процеси один від одного. Сформульовані М. М. Шілером принципи ввійшли в науку як *принципи Каратеодорі*, хоча останній проводив свої дослідження лише в 1909 р.

Дослідження з кінетичної теорії теплоти та газів виконав у 90-х рр. XIX ст. професор фізики Одеського університету **Б. В. Станкевич**, який працював на кафедрі, очолюваній М. Умовим. Праця Б. В. Станкевича «Кінетична теорія газів у математичному викладенні» була відзначена премією.

Над застосуванням методів Дж. Гіббса для аналізу процесів електричної хімії та різноманітних термодинамічних процесів працював учений цього університету **М. Д. Пильчиков**.

Процеси внутрішнього тертя в газах та дифузії газів крізь пористу перегородку вивчав український фізик **Іван Пулюй**. Він отримав дані про коефіцієнти внутрішнього тертя і дифузії газів та пари, що було дуже важливо для обчислення середньої довжини вільного пробігу молекул та їх кількості в 1 грам-молекулі [1].

Вагомий внесок у розвиток термодинаміки зробили вчені Харківського університету І. П. Осипов, В. Ф. Тимофєєв, Ф. М. Флавіцький, Д. П. Турбаба, які працювали під керівництвом **М. М. Бекетова** (1827–1911).

Зусиллями М. М. Бекетова та його послідовників при Харківському університеті було створена перший у Європі фізико-хімічний відділ,

досліджено процеси утворення хімічних сполук, термохімію розчинів, встановлено залежність між тиском та тепловим ефектом [6, 90–91].

**А. П. Шишков** (народився в Кобеляцькому повіті Полтавської губернії), викладач Харківського університету, досліджував співвідношення між теплотою та електрикою, був першим головою фізико-хімічної секції Спілки дослідних наук, заснованої 1872 р. при Харківському університеті.

Питання термодинаміки вивчав професор цього ж університету **П. Д. Хрущов** (1849–1909). В одній із найважливіших своїх праць «Вступ до теорії вивчення хімічних рівноваг» він застосував рівняння Гіббса для вивчення хімічної рівноваги, розглянув проблему осмотичного тиску.

Професор Харківського університету **О. В. Гречанинов** досліджував питання теплообміну. У 1893 р. він опублікував працю «Два основних принципи роботи насиченою парою в приймачі з теплопроникними стінками, теоретично еквівалентних принципу Карно», в якій запропонував для підвищення ККД парових машин використовувати регенерацію шляхом теплообміну між парою, яка розширюється, і водою. Вивчаючи ці явища, О. В. Гречанинов вивів рівняння процесу розширення пари при ідеальному регенеративному процесі [3, 16].

Доречно згадати, що в 50-х рр. ХІХ ст. механік-самоучка з Чернігівської губернії **О. І. Варфоломєєв** на мануфактурі Т. І. Сапожникової сконструював парову машину, значно дешевшу від закордонних [11, 107].

Зазначимо, що великий вплив як на розвиток окремих галузей, так і вітчизняної фізики в цілому, мали наукові праці видатних російських учених-фізиків, які тривалий час жили і працювали в Україні, а саме М. Умова (Новоросійський університет, м. Одеса) та М. Авенаріуса (Київський університет).

Наприкінці ХІХ ст. широкого розвитку набули дослідження критичного стану речовини. Вагомий внесок до цього розділу світової фізики зробили вчені Київської фізичної школи **М. П. Авенаріуса** (1835–1895), який очолював кафедру фізики Київського університету з 1865 до 1890 р.

Коли М. П. Авенаріус прийшов до університету, у фізикабінеті було 580 приладів, але більшість із них були шкільними. Саме він у 1875 р. уперше ввів лабораторні заняття з фізики, для яких розробив спеціальний курс «Вступ до практичних занять із фізики» [2]. Учений викладав теоретичну фізику, а його учень **О. В. Клосовський** – метеорологію.

У 1880 р. уперше в університеті студенти М. Авенаріуса, серед яких **О. І. Надєждін**, були удостоєні золотих та срібних медалей за значні наукові роботи з фізики.

Основні наукові результати М. П. Авенаріуса викладено у його працях «Про внутрішню приховану теплоту» (1874) та «Про причини, що зумовлюють критичну температуру» (1877). М. П. Авенаріус довів, що для отримання задовільних результатів треба проводити спостереження зміни об'єму рідини від точки плавлення до критичної температури [10, 25].

У 1885 р. О. І. Надеждин (1858–1886) уперше в історії науки «ваговим методом» визначив критичну температуру води. Він отримав  $T_{\text{кр}}=358,2^{\circ}\text{C}$  (сучасні дані –  $374,2^{\circ}\text{C}$ ), тоді як Р. Клаузіус –  $T_{\text{кр}}=857^{\circ}\text{C}$ , а Й. Ван-дер-Ваальс –  $T_{\text{кр}}=412^{\circ}\text{C}$  [3, 15].

**О. Е. Страус** визначив критичну температуру суміші двох рідин, а **Б. Павлевський** досліджував зв'язок критичної температури та температури кипіння.

До 80-х рр. ХХ ст. праці лабораторії були добре відомі в Європі. Дані, отримані **В. І. Зайончевським** (1842–1908), які М. Авенаріус назвав «класичними», стали експериментальною основою для встановлення принципу відповідності станів (Й. Ван-дер-Ваальс, 1880) [4, 8]. Вагомість наукових результатів підтверджена тим, що вони увійшли до фізичних таблиць Ландольта та Бернштейна (1894), а деякі були настільки точними, що використовувалися ще у ХХ ст.

Завершуючи короткий огляд наукових результатів, отриманих ученими Києва, Харкова, Львова, Одеси в галузі теоретичної та експериментальної термодинаміки, можна зробити висновок, що вони сприяли як становленню вітчизняної фізики, так і розвитку загальнонаукових знань.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Гайда Р. П., Пляцко Р. М. 150-річчя від дня народження Івана Пулюя (До історії відкриття «Х-променів») // Короткий астрон. календар. – 1995 / ГАО НАН України. – К.: Наук. думка, 1994. – Вип. 41. – С. 170–176.
2. Головка М. В. З історії експериментальної фізики в Україні // 36. наук.-метод. праць «Теорія та методика вивчення природничо-математичних і технічних дисциплін» / Наук. записки Рівнен. держ. гуманіт. ун-ту. – Рівне: РДГУ. – Вип. 1, 1999. – С. 112–116.
3. Калафати Д. Д., Петухов Б. С. Развитие теоретических основ теплотехники. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1954. – 47 с.
4. Кипнис Л. Я. Из истории молекулярной физики: А. И. Надеждин (1858–1886) // Исследования по истории физики и механики / Отв. ред. А. Т. Григорьян. – М.: Наука, 1990. – С. 5–36.

5. Климишин І. А. Про розвиток фізики у Львівському університеті (до 300-річчя його заснування) // Вісн. Львів. держ. ун-ту ім. І. Франка. – Сер. фіз. – 1962. – № 118. – С. 3–9.
6. Кордун Г. Г. Історія фізики. – К.: Вища шк., 1993. – 280 с.
7. Люди русской науки: Очерки о выдающихся деятелях естествознания и техники / Сост. и ред. И. В. Кузнецов: В 2 т. – М.-Л.: ОГИЗ ГИТТЛ, 1948. – Т. 1. – 641 с.
8. Львівський університет / Відп. ред. В. Н. Бугайов. – Львів: Вища шк., 1986. – 147 с.
9. Нариси з історії фізики в Росії / За ред. А. К. Тімірязєва. – К.: Рад. шк., 1951. – 436 с.
10. Розенберг М. И. Из истории учения о критическом состоянии вещества (по работам Киевской школы физиков 2-й половины XX в.) // Физика в шк. – 1950. – № 3. – С. 20–27.
11. Шип Н. А. Интеллигенция на Украине (XIX в.): Ист.-социол. очерк / АН УССР, Институт истории Украины. – К.: Наук. думка, 1991. – 172 с.