ІНТЕГРАЛЬНА ТА ДИФЕРЕНЦІАЛЬНА ФОРМИ ЗАКОНІВ ТА РІВНЯНЬ ФІЗИКИ

***Івашина Ю.К., **Заводянний В.В.**
**Херсонський державний університет*
***Херсонський державний аграрний університет*

При вивченні макроскопічних систем, які складаються з великої кількості мікрочастинок, використовується феноменологічний (термодинамічний) та мікроскопічний (статистичний) методи дослідження.

Термодинамічний метод базується на отриманні систем на основі дослідних фактів, є простим, але не відповідає на запитання, що є причиною змін властивостей системи.

Статистичний метод базується на модельних уявленнях про атомно-молекулярну структуру речовини і поведінку окремих молекул і дає можливість пояснити, чому процеси в системі відбуваються так чи інакше.

При вивченні поведінки макроскопічних тіл та систем, а також суцільного середовища роль вказаних вище методів відіграє запис законів та рівнянь в інтегральній або диференціальній формі.

Рівняння в інтегральній формі описують поведінку в деякій макроскопічній області, або зміну властивостей об'єкта дослідження за скінченний проміжок часу і на макроскопічному переміщенні.

Рівняння в диференціальній формі описують поведінку об'єкта дослідження в даній точці простору і в даний момент часу або зміну властивостей за нескінченно малий проміжок часу і на нескінченно малому переміщені. Зручністю застосування диференціальної форми є те, що при нескінченно малих об'ємах, переміщеннях, проміжках часу можна вважати, що характеристики об'єкта дослідження і параметри зовнішньої дії залишаться незмінними, що суттєво спрощує опис поведінки дослідження.

Розглянемо рух матеріальної точки. При природному способі його опису елемент шляху

$$dS = v \cdot dt \quad (1)$$

при векторному способі

$$d\vec{r} = \vec{v} \cdot dt \quad (2)$$

Вирази (1) і (2) записані для рівномірного руху. Рівняння руху отримаємо, інтегруючи ці вирази

$$S = \int v \cdot dt + S_0 \quad (3)$$

$$\vec{r} = \int \vec{v} \cdot dt + \vec{r}_0 \quad (4)$$

Сталі інтегрування S_0 і $\vec{r}_0$ знаходяться із початкових умов.

Переміщення за проміжок часу Δt

$$\Delta\vec{r}_{1-2} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{v} \cdot dt \quad (5)$$

Розглянемо визначення роботи. Робота сили на елементарному переміщені $d\vec{r}$

$$dA = \vec{F} \cdot d\vec{r} = F \cdot dr \cdot \cos\alpha \quad (6)$$

Елементарна робота при розширені газу $dA = P \cdot dV$ (7)

Роботу сили на скінченному переміщенні і прирості об'єму визначимо інтегруючи (6) і (7)

$$A_{1-2} = \int_1^2 \vec{F} \cdot d\vec{r} \quad (8)$$

$$A_{1-2} = \int_1^2 P \cdot dV \quad (9)$$

Дуже важливо, що при визначенні інтегралів необхідно знати залежність функції, що інтегрується, від змінної інтегрування. Розглянемо роботу газу (9). Необхідно в інтеграл підставити залежність P(V)для даного процесу. Прості вирази, які приводяться в шкільних підручниках, справедливі тільки для випадків постійності параметрів: V=const, P=const, $\vec{F} = const$.

Рівняння в диференціальній формі мають важливе методологічне значення. Їх застосування в термодинаміці дозволило вивести рівняння для політропного (адіабатного) процесів, встановити зв'язок між калоричним і термічним рівняннями стану.

Переважна більшість термодинамічних задач розв'язується методом термодинамічних потенціалів. Він полягає у використанні властивостей повного диференціалу введених термодинамічних функцій, які використовуються для аналізу різних явищ. Основне рівняння термодинаміки для простої системи

$$dU = T \cdot dS - PdV \quad (10)$$

Функція U=U(S,V) в якості термодинамічного потенціалу не є зручною, так як визначається через ентропію, яка не може бути безпосередньо виміряна.

Візьмемо в якості незалежних змінних простої системи TiV. Перетворюючи (10) отримуємо

$$d(U - TS) = S \cdot dT + P \cdot dV \quad (11)$$

На основі (11) вводиться новий термодинамічний потенціал – вільна енергія F=U-TS, який є функцією температури і об'єму. Аналогічно вводяться інші термодинамічні потенціали для інших незалежних змінних.

Із рівнянь в диференціальній формі легко отримати похідні, які є характеристиками процесів, явищ

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{v}\,; \quad \left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_V = S\,; \quad \left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T = P \quad (12)$$

Особливо яскраво методологічне, евристичне значення диференціальної форми рівнянь проявилося в класичній електродинаміці. При розробці теорії електромагнітного поля Максвел, спираючись на експериментальні закони відкинув ті, які не можна було записати в диференціальній формі (наприклад – закон Кулона). Із системи рівнянь в диференціальній формі для вільного електромагнітного поля можна показати, що воно описується хвильовими рівняннями. Таким чином Максвел передбачив існування електромагнітних хвиль.

Інтегральна і диференціальна форми рівнянь і законів фізики пов’язані між собою, і доповнюють одна одну. Інтегральна форма базується на експериментальних результатах і має широке практичне застосування. Рівняння в диференціальній формі отримують на основі базових закономірностей фізики з врахуванням постійності параметрів. Такі рівняння мають важливе методичне значення, так як із них можна отримати рівняння в інтегральній формі і вивести нові важливі закономірності.