

Accent Graphics
Publishing & Communications

Accent Graphics Communications & Publishing, Hamilton, Canada

 **PREMIER**
Publishing

Premier Publishing s.r.o.

Центр научных исследований «Solution»

10th International conference

Science and society

15th March 2019

Hamilton, Canada
2019

The 10th International conference “Science and society” (March 15, 2019) Accent Graphics Communications & Publishing, Hamilton, Canada. 2019. 471 p.

ISBN 978-1-77192-360-6

The recommended citation for this publication is:

Busch P. (Ed.) (2019). Humanitarian approaches to the Periodic Law // Science and society. Proceedings of the 10th International conference. Accent Graphics Communications & Publishing. Hamilton, Canada. 2019. Pp. 12–17

Editor	Lucas Koenig, Austria	Morozova Natalay Ivanovna, Russia
Editorial board	Abdulkasimov Ali, Uzbekistan	Moskvin Victor Anatolevich, Russia
	Adieva Aynura Abduzhalalovna, Kyrgyzstan	Nagiyev Polad Yusif, Azerbaijan
	Arabaev Cholponkul Isaevich, Kyrgyzstan	Naletova Natalia Yurevna, Russia
	Zagir V. Atayev, Russia	Novikov Alexei, Russia
	Akhmedova Raziyat Abdullayevna	Salaev Sanatbek Komiljanovich, Uzbekistan
	Balabiev Kairat Rahimovich, Kazakhstan	Shadiev Rizamat Davranovich, Uzbekistan
	Barlybaeva Saule Hatiyatovna, Kazakhstan	Shhahutova Zarema Zorievna, Russia
	Bestugin Alexander Roaldovich, Russia	Soltanova Nazilya Bagir, Azerbaijan
	Boselin S.R. Prabhu, India	Spasennikov Boris Aristarkhovich, Russia
	Bondarenko Natalia Grigorievna, Russia	Spasennikov Boris Aristarkhovich, Russia
	Bogolib Tatiana Maksimovna, Ukraine	Suleymanov Suleyman Fayzullaevich, Uzbekistan
	Bulatbaeva Aygul Abdimazhitovna, Kazakhstan	Suleymanova Rima, Russia
	Chiladze George Bidzinovich, Georgia	Tereschenko-Kaidan Liliya Vladimirovna, Ukraine
	Dalibor M. Elezović, Serbia	Tsersvadze Mzia Giglaevna, Georgia
	Gurov Valeriy Nikolaevich, Russia	Vijaykumar Muley, India
	Hajiyev Mahammad Shahbaz oglu, Azerbaijan	Yurova Kseniya Igorevna, Russia
	Ibragimova Liliya Ahmatyanovna, Russia	Zhaplova Tatiana Mikhaylovna, Russia
	Blahun Ivan Semenovich, Ukraine	Zhdanovich Alexey Igorevich, Ukraine
	Ivannikov Ivan Andreevich, Russia	Proofreading Andrey Simakov
	Jansarayeva Rima, Kazakhstan	Cover design Andreas Vogel
	Khubaev Georgy Nikolaevich	Contacts Premier Publishing s.r.o.
	Khurtsidze Tamila Shalvovna, Georgia	Praha 8 – Karlín,
	Khoutyz Zaur, Russia	Lyčkovo nám. 508/7, PSČ 18600
	Khoutyz Irina, Russia	1807-150 Charlton st.East,
	Korzh Marina Vladimirovna, Russia	Hamilton, Ontario, L8N 3×3 Canada
	Kocherbaeva Aynura Anatolevna, Kyrgyzstan	
	Kushaliyev Kaisar Zhalitovich, Kazakhstan	
	Lekerova Gulsim, Kazakhstan	
	Melnichuk Marina Vladimirovna, Russia	
	Meymanov Bakyt Kattoevich, Kyrgyzstan	
	Moldabek Kulakhmet, Kazakhstan	

Material disclaimer

The opinions expressed in the conference proceedings do not necessarily reflect those of the Premier Publishing s.r.o. or Accent Graphics Communications & Publishing, the editor, the editorial board, or the organization to which the authors are affiliated.

The Premier Publishing s.r.o. or Accent Graphics Communications & Publishing is not responsible for the stylistic content of the article. The responsibility for the stylistic content lies on an author of an article.

Included to the open access repositories:

eLIBRARY.RU

© Premier Publishing s.r.o.

© Accent Graphics Communications & Publishing

© Центр научных исследований «Solution»

All rights reserved; no part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without prior written permission of the Publisher.

Typeset in Berling by Ziegler Buchdruckerei, Linz, Austria.

Printed by Premier Publishing s.r.o., Vienna, Austria on acid-free paper

Table of Contents

1.	МУДРАК Н. О. ПРОГРАМА ДЕОФШОРИЗАЦІЇ В УКРАЇНІ: ПРИНЦИПИ ТА ШЛЯХИ РЕАЛІЗАЦІЇ.	7
2.	БЕРЕКА В.Є. ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМУ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ.	19
3.	СМОЛЬНИЦЬКА О. О. ПАТРИЦІЯ КИЛИНА У ДІАЛОЗІ ТЕКСТІВ: ІНТЕРТЕКСТ, АРХЕТИП, НЕКРОЛОГ.	29
4.	ЛАНТУХ В.В. РОЛЬ СИНДИКАТІВ В ОРГАНІЗАЦІЇ ТОРГІВЛІ В УКРАЇНІ В УМОВАХ ПЕРЕХОДУ ДО НОВОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ПОЛІТИКИ.	44
5.	KRIVOKHATSKAYA Yu. A., VORONTSOVA L. L., KOVALENKO V. A. CHANGE OF EJACULATE PARAMETERS UNDER THE INFLUENCE OF PSYCHO-EMOTIONAL STRESS.	51
6.	БАЛИНСЬКА О.М. СЕМІОТИКА ПРАВА ЯК НАУКА ТА НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА В КОНТЕКСТІ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ ПРАВознавств.	58
7.	ВУСИК Г.Л. ІНТЕРФЕРЕНЦІЯ ЯК ОДИН ІЗ БАР'ЄРІВ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ БІЗНЕС-СПІЛКУВАННЯ.	71
8.	МАТВІСІВ М. В., ОСТЯК Р. С., ДЬОМІНА Н. М. ПЕРЕБІГ ТА НАСЛІДКИ ВАГІТНОСТІ У ЖІНОК З НСВ-ІНФЕКЦІЄЮ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ВІЛ-СТАТУСУ.	76
9.	ДЯЧУК Н. В., КРИВОРУЧКО Т. В., СВИРИДЮК Т. В. ПСИХОЛОГІЧНИЙ ПОРТРЕТ ЯК СПОСІБ РОЗКРИТТЯ СУТНОСТІ ХУДОЖНІХ ОБРАЗІВ.	79
10.	SHAROVALOV V.V., GUDZENKO O.P., SHAROVALOVA V.O., ANDRIEIEVA V.V., SHAROVALOV V.V. GENERAL CHARACTERISTIC OF PHARMACEUTICAL PROVISION FOR PRIVILEGED CATEGORIES OF CITIZENS IN UKRAINE.	90
11.	ВАРОДІ Н. Ф., DR. NATÁLIA VÁRADI. POLITICAL, LEAFLET-DISTRIBUTOR GROUPS IN TRANSCARPATHTA DURING THE HUNGARIAN REVOLUTION OF 1956.	97
12.	ГАРАСИМІВ О.І., ЗАХАРОВА О.В., РЯШКО О.В. СЛІДЧИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ У КРИМІНАЛЬНОМУ ПРОВАДЖЕННІ.	109
13.	ЗАВАЦЬКИЙ С. В., КОТЕЛЬЧУК Л. С. ПРИРОДНЕ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД.	121
14.	КУЗНЕЦОВ О. А. ДЕМОКРАТІЯ В УКРАЇНІ У 60-х – НА ПОЧАТКУ 90-х РОКІВ ХХ СТОЛІТТЯ.	131
15.	IVANCHENKO E.Z., MALAKHOVA S.N., MELNIKOVA O.Z., VASILENKO G.V. EXTERNAL AND INTERNAL FACTORS,	142

44.	ДЕЛЕГАН-КОКАЙКО С. В., ГЛЮДЗИК Е. І., ОМЕЛЮК В.В. РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ВОДОЗБОРІВ З УРАХУВАННЯМ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕРИТОРІЙ.	366
45.	АНАСТАСОВА Н.М., КОВАЛЕНКО З.О. ВИКОРИСТАННЯ ТЕАТРАЛІЗОВАНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЯК ЗАСОБУ РОЗВИТКУ ЗВ'ЯЗНОГО МОВЛЕННЯ У ДІТЕЙ СТАРШОГО ДОШКІЛЬНОГО ВІКУ З ЗАГАЛЬНИМ НЕДОРОЗВИТКОМ МОВЛЕННЯ ІІІ РІВНЯ.	379
46.	ПАНАСЮК Ю.В. ON SOME PECULIARITIES OF MODERN BILINGUALISM.	384
47.	ШКОЛА О.В. МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИВЧЕННЯ ШКОЛЯРАМИ ОСНОВНИХ ЗАКОНІВ ТЕРМОДИНАМІКИ НА ОСНОВІ СТАТИСТИЧНИХ УЯВЛЕНЬ.	388
48.	КОЗУБ П.А., ВАМБОЛЬ В.О., КОВАЛЕНКО С., КОЗУБ С.М. КЛАСИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ЯК ОСНОВА ЗАГАЛЬНОЇ МЕТОДОЛОГІЇ ЙОГО ЗАХИСТУ.	399
49.	БОЙКО Л. Т., КОНОНЧУК А. А. АЛГОРИТМ ВІДТВОРЕННЯ АНАЛІТИЧНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ МІЖ ДАНИМИ НА ВХОДІ І НА ВИХОДІ МОДЕЛІ «ЧОРНА СКРИНЯ».	406
50.	ПАЛЬШКОВ К. Є. СТАНОВЛЕННЯ ПОЛІТИЧНОЇ ОПОЗИЦІЇ В КРАЇНАХ БАЛТІЇ У ПОСТРАДЯНСЬКУ ДОБУ.	416
51.	КОМИССАРОВ В.А. ERGONOMICS APPROACH IN EDUCATIONAL SYSTEM.	426
52.	BOLOTYNSKA O., BOBUKH A., GERMAN E. MODELING OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF OBTAINING THE SUSPENSION OF SODIUM HYDROCARBONATE IN THE PRODUCTION OF SODA ASH.	433
53.	ЗАЯЧКІВСЬКА О.В. ПІДХОДИ ДО ВИВЧЕННЯ ПОНЯТТЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА.	437
54.	ГУБАР О.В. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ ІНФОРМАЦІЙНОГО МЕХАНІЗМУ ДЕРЖАВНОГО УПРАВЛІННЯ У СФЕРІ БІОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ: ТЕОРЕТИЧНИЙ АСПЕКТ.	448
55.	ТРЕГУБ Н.Є. АКТУАЛЬНА ТЕМАТИКА МАГІСТЕРСЬКИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В ГАЛУЗІ ДИЗАЙНУ ЗА ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ «КОНЦЕПТУАЛЬНИЙ ДИЗАЙН» (ДОСВІД ХДАДМ).	456
56.	ТАРАСЕНКО О. В., ХАРЧЕНКО Т. В., ВАСИЛЬЄВА Л. О. ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ПІШОХОДІВ.	468

МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИВЧЕННЯ ШКОЛЯРАМИ ОСНОВНИХ ЗАКОНІВ ТЕРМОДИНАМІКИ НА ОСНОВІ СТАТИСТИЧНИХ УЯВЛЕНЬ

ШКОЛА О.В.

доктор педагогічних наук, доцент,

професор кафедри фізики та методики навчання фізики

Бердянський державний педагогічний університет

м. Бердянськ, Україна

Вступ. У розпорядженні вчителя фізики закладу загальної середньої освіти сьогодні достатньо різноманітної наукової і навчально-методичної літератури, як вітчизняної так і перекладної, як друкованих так й електронних джерел, що дозволяє творчо підходити до організації освітнього процесу. Незважаючи на широкий спектр і методичну цінність існуючих ресурсів, необхідність удосконалення методики навчання фізики в сучасних умовах модернізації вітчизняної освітньої галузі в контексті євроінтеграції, посилення уваги до якості освітніх результатів школярів, запровадження особистісно орієнтованого, діяльнісного і компетентнісного підходів, нових інформаційних технологій навчання є цілком очевидною. Успішній реалізації освітніх цілей, про що наголошується у низці державних нормативних документів (Закон про освіту, Національна доктрина розвитку освіти, Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти), в сучасних умовах заважає ряд обставин, пов'язаних передусім із зниженням рівня мотивації і пізнавального інтересу учнів і студентів до вивчення фізики, про що свідчать власні спостереження та результати державного зовнішнього незалежного оцінювання останніх років. Як наслідок – значна частина з них отримує формальні знання, які не вирізняються системністю і глибиною розуміння сутності навчального матеріалу, не кажучи вже про творче застосування. Така ситуація має бути обов'язково виправлена, оскільки, безумовно, позначиться у недалекій

перспективі на успішності соціально-економічних перетворень в країні, суспільному прогресі, добробуті населення.

Створення умов, які б сприяли активізації пізнавальної діяльності учнів, формуванню їх наукового світогляду, предметної компетентності, всебічному розвитку й особистісному зростанню засобами фізики як навчального предмета є чи не головним завданням роботи сучасного вчителя. Останнє, безумовно, повинно знайти адекватне відображення у методиці навчання ключових питань курсу фізики. До їх числа, зокрема, можна віднести питання про глибоке і цілісне вивчення учнями основних понять і законів термодинаміки. Незважаючи на те, що поняття і принципи статистичної фізики не входять до чинних програм шкільного курсу фізики, за відповідної дидактичної інтерпретації статистичні уявлення можна цілком органічно поєднати з поточним навчальним матеріалом, що відповідатиме історичному розвитку науки, сприятиме підвищенню рівня фундаментальної підготовки школярів. На наш погляд, ефективному засвоєнню матеріалу сприятиме вдало підібрані відповідні приклади, максимальна лаконічність математичного апарату, наочність, логічність і послідовність викладу навчальної інформації. У зв'язку з цим *метою статті* є короткий аналіз методичних аспектів вивчення школярами основних понять і законів термодинаміки на основі органічного поєднання термодинамічного і статистичного тлумачення їх фізичної сутності. У ході роботи використовувалися такі *методи дослідження*: аналіз державних нормативних освітніх документів, наукових і навчально-методичних джерел, ресурсів Інтернет, педагогічне спостереження на пізнавальною діяльністю учнів і студентів, бесіди з колегами та вчителями з проблеми дослідження.

Результати. У навчальній літературі формулювання першого закону термодинаміки розглядається як само собою зрозуміле твердження: *повна енергія замкненої системи за будь-яких процесів всередині залишається сталою і може лише переходити з однієї форми в іншу, від одного тіла до іншого.* На наш погляд, такий підхід не розкриває повною мірою його важливе

науково-пізнавальне значення, формує у школярів догматичне сприйняття навколишнього світу і тому потребує спеціального аналізу.

Термодинаміка як така виникла на початку ХІХ ст. у зв'язку з потребами теплотехніки. Винахід універсального парового двигуна та швидкий розвиток машинного виробництва настійно вимагали його вдосконалення, підвищення коефіцієнту корисної дії. Практичні потреби стимулювали вивчення властивостей газів і пари та сприяли становленню молекулярно-кінетичної теорії, яка пояснювала теплові явища рухом мікрочастинок речовини. Відкриття першого закону термодинаміки готувалося дослідженнями Д. Бернуллі (*“Теплота – це хаотичний рух частинок матерії... Скрізь, де підвищується внутрішній рух частинок, теплота збільшується”*), М. Ломоносова (*“Теплота полягає у внутрішньому русі матерії... Температура і рух частинок пропорційні ... Механічний рух тіла може і повинен переходити в теплоту”*), С.Карно (*“Теплота є не що інше, як рушійна сила або, скоріше, рух, який змінив свою форму... Максимум рушійної сили не може перевищувати отриманого тепла”*) [5, с.322 - 323]. Важливого значення мали також й перші спроби визначення розмірів молекул Т. Юнгом (1816 р.), відкриття “броунівського руху” (1827 р.), графічні методи та рівняння стану ідеального газу Б. Клапейрона (1834 р.), експериментальне визначення А. Реньо теплофізичних констант (1840 р.) та ін.

Між 1840 та 1850 рр. працями Ю. Майєра, Дж. Джоуля та Г. Гельмгольца було відкрито перший принцип термодинаміки, який згодом було узагальнено та прийнято як універсальний закон природи – принцип збереження та перетворення енергії. Згідно Ю. Майєру *“тепло виникає з руху... Рух і теплота являють собою явища, які вимірюються один одним і переходять один в одного... Тепло є сила: воно може бути перетворене в механічний ефект”*. За Дж. Джоулем *“у всіх випадках, коли витрачається механічна сила, виходить точна еквівалентна кількість теплоти... У будь-якій ізольованій системі запас енергії лишається сталим”*. Г. Гельмгольц стверджував, що *“неможливо при існуванні будь-якої довільної комбінації тіл природи отримувати безперервно з*

нічого рушійну силу... Максимум роботи, яку можна отримати, є певним, кінцевим” [5, с. 326].

Існує кілька його еквівалентних формулювань, але, по суті, він є *законом збереження та перетворення енергії для теплових процесів*. Застосування цього положення до теплових процесів історично означало відкриття внутрішньої енергії як нового виду енергії. Математичним виразом першого закону термодинаміки слугує відоме рівняння: $Q = \Delta U + A$. *Кількість теплоти Q , що надається системі, витрачається на зміну її внутрішньої енергії ΔU та на виконання системою роботи A проти зовнішніх сил*. Рівняння важливе у тому відношенні, що воно безпосередньо вказує на можливість виконання системою механічної роботи за рахунок одержаної кількості теплоти. Враховуючи зміст останнього поняття, можна говорити фактично про можливість виконання роботи за рахунок внутрішньої енергії тіл. Для колових процесів $\Delta U = 0$, тому $Q = A$, звідки виходить *положення про неможливість існування вічного двигуна першого роду*, тобто періодично працюючої машини, яка б виконувала роботу, не запозичуючи енергію ззовні. Дійсно, якщо $Q = 0$ то $A = 0$, тобто умовою роботи машини є обов'язкове отримання теплоти від зовнішніх тіл.

Учні мають чітко усвідомлювати, що можливі два різних способи зміни внутрішньої енергії термодинамічної системи при взаємодії із зовнішніми тілами: шляхом виконання роботи (*у формі роботи*) та за теплообміну (*у формі теплоти*). Робота і теплота мають ту загальну властивість, що вони існують лише в процесі передачі енергії, а їх числові значення суттєвим чином залежать від виду цього процесу. Проте між теплою і роботою існує глибока якісна різниця, оскільки вони виступають нерівноцінними формами передачі енергії. Виконання роботи над системою може безпосередньо привести до збільшення будь-якого виду енергії системи (кінетичної, потенціальної, внутрішньої). Надання системі теплоти, тобто збільшення енергії хаотичного руху її частинок, безпосередньо призводить до збільшення внутрішньої енергії системи. Отже, *робота є макроскопічним способом передачі енергії від одного тіла до іншого*. Термін “макроскопічна” підкреслює той факт, що робота

завжди пов'язана з макроскопічними переміщеннями тіл або їх частин. *Теплота є мікроскопічним способом передачі енергії.*

Отже, класична термодинаміка виходить з постулату про збереження внутрішньої енергії замкненої системи та її здатність виконувати макроскопічну роботу або здійснювати теплообмін з іншими тілами. Однак у це поняття не вкладається конкретний зміст: зазначається лише, що вона як однозначна характеристика стану термодинамічної системи є сумою поступального, коливального та обертального рухів її мікрочастинок: $\Delta U = \frac{i}{2} \nu R \Delta T$, де i – кількість ступенів вільності частинок. Оскільки властивості та глибинний фізичний зміст основних понять і законів термодинаміки був з'ясований тільки з появою у науці ймовірнісних підходів до опису внутрішнього світу речовини, термодинамічне трактування першого принципу повинно бути доповнене статистичними уявленнями.

Перший закон термодинаміки, незважаючи на фундаментальність, дає кількісний баланс енергії для будь-яких фізичних процесів, але не розкриває якісної різниці різних видів енергії і тому не може визначити напрям їх перебігу. Як відомо, більшість реальних теплових процесів є необоротними (еволюціонують у напрямку рівноваги), тому перший закон доповнюється іншим, незалежним від нього дослідним постулатом. Цю роль відіграє *другий закон термодинаміки*, який дає не тільки критерій перебігу реальних теплових процесів, але й дозволяє знайти оптимальні умови перетворення теплоти в роботу, що робить його фундаментом усієї теплотехніки.

Аналіз теореми Карно дозволив Р.Клаузіусу у 1854 р. встановити нерівність, яка є класичною формою елементарного аналітичного виразу другого закону термодинаміки: $\eta_{\text{тепл.двиг.}}^{\text{реал.}} < \eta_{\text{тепл.двиг.}}^{\text{ідеал.}}$ або $\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} < \frac{T_1 - T_2}{T_1}$, тобто

$\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} < 0$. Узагальнення цієї нерівності на довільний циклічний процес

$\left[\left(\frac{\Delta Q}{T} \right)_i < 0 \right]$ приводить його до висновку про існування деякої функції стану

(параметру) системи – ентропії S , зміна якої й характеризує напрямок теплового процесу, тобто: $\Delta S = \Delta Q/T$.

У загальному випадку маємо: $\Delta S \geq \frac{\Delta Q}{T}$, де знак рівності відповідає рівноважним, а нерівності – нерівноважним (необоротним) процесам. У зв'язку з цим перший закон термодинаміки приймає вигляд: $U \leq T\Delta S - A$. Це співвідношення називають *основним термодинамічним рівнянням*. Еквівалентним формулюванням другого закону термодинаміки є постулати Р. Клаузіуса і В. Кельвіна та положення про неможливість побудови вічного двигуна другого роду, які студенти мають добре усвідомлювати. Основна ж складність формування у школярів поняття ентропії носить переважно психологічний характер і пов'язана з неможливістю її безпосереднього сприйняття, відсутністю приладу, який би її вимірював. Властивості та глибинний фізичний зміст ентропії був з'ясований тільки з появою ймовірнісних підходів до опису внутрішнього світу речовини. Тому термодинамічне трактування цього поняття повинно бути обов'язково доповнене статистичними уявленнями.

Пояснюючи необоротність теплових процесів у природі, Л. Больцман у 1872 р. встановив статистичний зміст ентропії (кількісна міра хаотичності руху частинок; параметр, що характеризує ступінь нерівноважності макроскопічного стану системи): $S = k \ln W_T$, де W_T – термодинамічна ймовірність макроскопічного стану системи (число способів/мікростанів, якими він може бути реалізований). Після фундаментального відкриття Л. Больцмана статистичне трактування перших двох законів термодинаміки стали пов'язувати з поняттям ентропії: 1) ентропія термодинамічної системи є однозначною функцією її стану; 2) ентропія замкненої системи ($Q = 0$) не може зменшуватись: вона або зростає, якщо в системі відбуваються необоротні процеси, або залишається сталою, якщо система перебуває в рівновазі і всі процеси в ній є оборотними ($\Delta S \geq 0$). Іншими словами, замкнена система за рахунок безперервного теплового руху частинок переходить від менш до більш

імовірних станів, доки не досягне найімовірнішого (рівноважного), при цьому її ентропія як міра хаотичності руху частинок стане максимальною.

Відкриття *третього закону термодинаміки* пов'язано з визначенням ентропійної сталої і квантовими особливостями термодинамічних систем за наднизьких температур, а саме з дискретністю спектру їх енергії та наявністю основного стану з найменшою енергією ($W_T = 1$). Математичним виразом третього закону термодинаміки слугує вираз: $\lim_{T \rightarrow 0K} S = k \ln W(E_{\min}) = 0$. Ентропія системи за $T \rightarrow 0K$ перестає залежати від усіх термодинамічних параметрів і на межі $T = 0K$ наближається до нульового значення. Це твердження являє собою зміст так званої *теплової теореми Нернста* (1906 р.), з якої виходить положення про недосяжність абсолютного нуля температур і неможливість побудови вічного двигуна третього роду, тобто теплової машини з коефіцієнтом корисної дії $\eta = 1$. Важливого значення у розумінні сутності третього закону термодинаміки набуває аналіз та обговорення учнями висновків з відомих формул на предмет їх справедливості:

- якщо температура газу $T = 0K$, то чи можливий такий результат: $\overline{E_{кин}} = (3/2)kT = 0$ (інакше, чи можна зупинити молекули газу ?);
- якщо $T = 0K$, то чи справедливо, що $p = nkT = 0$ або $p = (1/3)nm_0\overline{v^2} = 0$ (чи можуть молекули не взаємодіяти між собою і зі стінками посудини ?);
- якщо у тепловому двигуні $T_2 = 0K$, то чи можливо, що $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1$?

Глибокому розумінню учнями фізичної сутності основних понять і законів термодинаміки сприятиме з'ясування питання щодо *меж їх застосування*, що також доцільно зробити на основі базових ідей статистичної фізики. Як відомо, через велику кількість молекул у макроскопічних тілах усі процеси в природі є практично необоротними; імовірність процесів переходу макросистеми від рівноважних до нерівноважних станів в цілому досить мала. Але для малих об'єктів з невеликим числом частинок імовірність випадкових відхилень від рівноваги (флуктуацій) стає помітною. Саме флуктуаціями тиску в малих

об'ємах пояснюють броунівський рух; флуктуаціями густини газу в об'ємах, розміри яких сумірні з довжиною світлової хвилі, пояснюють розсіювання світла в атмосфері Землі та блакитний колір неба; флуктуації струму в електричних колах виступають причиною шуму радіотехнічних пристроїв тощо.

Сфера поширення законів термодинаміки обмежена розмірами об'єктів дослідження, які мають бути досить великими, щоб забезпечити вирівнювання випадкових явищ мікросвіту. Однак цю вимогу задовольняють навіть розміри піщинки, яка містить молекул більше, ніж відер води Чорне море. Проте завдяки прогресу експериментальної техніки науковому вивченню сьогодні стали доступні області речовини, які складаються з порівняно невеликої кількості частинок. Через невизначеність рівноважного стану такої мікросистеми всі процеси в ній будуть оборотними і флуктуації стануть помітними. Такі системи слід вивчати вже методами механіки, а не статистики. Властивості великої сукупності частинок як цілого не є простою сумою властивостей окремих частинок. На певному ступені збільшення кількості частинок в системі, що рухаються окремо за законами механіки, породжує новий вид руху – тепловий рух. Другий закон термодинаміки не можна застосовувати до окремих молекул та ультрамікроскопічних областей речовини, але він вступає у свої права за певної (великої) кількості молекул у системі. Отже, нижньою межею термодинаміки є системи скінчених, а не елементарно малих, розмірів з відповідно малим числом ступенів вільності.

Маємо й верхню межу: об'єкти в термодинаміці можуть бути дуже великими, але не нескінченними. У середині XIX століття необґрунтоване поширення законів термодинаміки на весь Всесвіт призвів В. Томсона (1852 р.), а трохи пізніше Р. Клаузіуса, до ідеї про “теплову смерть” Всесвіту. Згідно останньої, всі процеси у Всесвіті є тільки процесами релаксації (переходами до рівноважного стану), які врешті-решт призведуть до встановлення в ній повної термодинамічної рівноваги: припиняться всі процеси перетворення енергії з одних в інші, всі неоднорідності густини речовини, хімічного складу, різниці

температур зникнуть, Сонце та зірки погаснуть, життя на планетах стане неможливим, настане повний спокій і вже назавжди.

Цю гіпотезу не можна прийняти як з філософської, так і з наукової суто фізичної точки зору. Згідно першої виходить якщо не кількісне, то якісне зникнення матерії (втрата її здатності до саморуху), згідно іншої, сьогодні встановлено, що немає ніяких фізичних підстав для прямого перенесення законів термодинаміки на безмежний Всесвіт, який, до речі, постійно змінюється з часом. Питання про еволюцію Всесвіту не можна вважати питанням однієї термодинаміки, оскільки воно пов'язане з космологією, питаннями про еволюцію зірок, галактик і т.д. Переходячи до космічних масштабів, поняття, якими оперує другий закон термодинаміки (“температура”, “ентропія”, “ізольована система”, “термодинамічний стан”) втрачають, або, в усякому разі, докорінно змінюють свій зміст.

Ще у 80-х роках XIX ст. Л. Больцман, виходячи з уявлень про флуктуації, довів, що навіть коли Всесвіт був би замкненою системою, термодинамічна рівновага в ньому все одно час від часу самовільно порушувалася, що вже само по собі виключає можливість “теплової смерті”. Але, як зазначалося вище, поняття замкненої системи взагалі не можна застосовувати до безмежного Всесвіту, що автоматично знімає проблему. Експериментальні дані свідчать, що чим далі простягається наш погляд, тим більш нерівноважним виявляється стан матерії. Сьогодні доведеним є факт розширення галактик (розширення Всесвіту). На цю думку наводить факт червоного зміщення ліній віддалених галактик. Виникає питання: чи наближається при цьому густина матерії до нуля? У будь-якому випадку це питання не можна вирішувати тільки в рамках статистичної термодинаміки. Це питання так званої космологічної термодинаміки, яка тільки формується. Повне з'ясування законів еволюції Всесвіту – справа майбутнього. Тоді, ймовірно, і буде подано вичерпне спростування гіпотези про “теплову смерть” Всесвіту.

Отже, другий закон термодинаміки застосовують лише до замкнених (адіабатичних) термодинамічних систем і не має сенсу поширювати його на

весь Всесвіт. Він не стосується гравітаційних, ядерних та електромагнітних процесів. Не поширюється він також і на броунівський рух, який не виявляє ніякої тенденції до припинення. Тому другий принцип не можна вважати таким загальним законом, яким є, наприклад, закон збереження енергії для теплових процесів (перший закон термодинаміки). Ентропією можна характеризувати великі й малі тіла, але вона не має сенсу щодо окремих молекул.

Висновки. Оскільки всі частинки системи (атоми, молекули) володіють квантовими властивостями, то найповніший і послідовний підхід при вивченні термодинамічних явищ і систем – це підхід з квантових позицій, що в рамках курсу фізики академічного рівня старшої школи реалізувати складно і, взагалі кажучи, недоцільно. Проте вважаємо, що за умови належної дидактичної інтерпретації пропоновані у статті статистичні міркування можна цілком органічно поєднати з поточним навчальним матеріалом, що відповідатиме історичному розвитку науки, сприятиме глибшому розумінню школярами навчального матеріалу, формуванню їх предметної компетентності, підвищенню рівня фундаментальної підготовки. Безумовно, засвоєння учнями теоретичних матеріалів буде найефективнішим тільки разом із розв'язанням відповідних задач навчального курсу, виконанням лабораторних робіт, творчих завдань, реалізації методів і прийомів, що стимулюватимуть їх активну пізнавальну діяльність.

Використана література:

1. Булавін Л. А. Молекулярна фізика / Л. А. Булавін. – К. : Знання, 2006. – 567 с.
2. Гончаренко С.У. Фізика. 10 клас / С.У.Гончаренко. – К. : Освіта, 2002. – 319 с.
3. Коршак Є.В. Фізика. 10 клас / Є.В.Коршак, О.І.Ляшенко, В.Ф.Савченко. – К.: Генеза, 2010. – 296 с.

4. Мороз І. О. Методичне обґрунтування першого закону термодинаміки у курсі фізики ВНЗ / І.О.Мороз – Наукові записки. – Випуск 108. – Серія: педагогічні науки. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2012. – Ч. 2. – С. 215 – 219.

5. Школа О. В. Основи термодинаміки і статистичної фізики : навч. посібник / Олександр Школа. – Донецьк : Юго-Восток, 2009. – 374 с.