МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Центральноукраїнський державний педагогічний університет
імені Володимира Винниченка

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
Centralukrainian Volodymyr Vynnychenko State Pedagogical University

НАУКОВІ ЗАПИСКИ
ACADEMIC NOTES

Серія:
Педагогічні науки

Series:
Pedagogical Sciences

Випуск 168 (2018)
Edition 168 (2018)

Кропивницький – 2018
Kropyvnytskyi – 2018

УДК 378
ББК 81.2(3)
Н 34

Наукові записки / Ред. кол.: В. Ф. Черкасов, В. В. Радул, Н. С. Савченко та ін. – Випуск 168 – Серія: Педагогічні науки. – Кропивницький: РВВ ЦДПУ ім. В. Винниченка, 2018. – 284 с.

ISBN 978–7406–57–8
ISSN 2415–7988 (Print)
ISSN 2521–1919 (Online)
ICV 2016 = 54.23

Рецензенти: **Олексюк О. М.,** доктор педагогічних наук, професор;
Комаровська О. А., доктор педагогічних наук, професор.

«Наукові записки. Серія: Педагогічні науки» внесено до Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук. Наказ Міністерства освіти і науки України № 241 від 09.03.2016 р.

Збірник зареєстровано в міжнародних наукометричних базах **Copernicus** і **Google Scholar**.

Редколегія:

Науковий редактор:
Черкасов В. Ф. – доктор педагогічних наук, професор ЦДПУ ім. В. Винниченка
Заступник наукового редактора:
Савченко Н. С. – доктор педагогічних наук, професор ЦДПУ ім. В. Винниченка
Відповідальний секретар:
Грозан С. В. – кандидат педагогічних наук, ст. викладач ЦДПУ ім. В. Винниченка

Редакційна колегія:
Абу Хусейн Д. – доктор філософії, заступник президента відділення післядипломної освіти, Аль-Кассемі коледж, Бака Аль Гарбія, Ізраїль
Анісімов М. В. – доктор педагогічних наук, професор ЦДПУ ім. В. Винниченка
Гоктас О. – доктор філософії, професор технологічного факультету, Мула Сіткі Кочман Університет, м. Мула, Туреччина
Ерділ Юсуф Зія. – доктор філософії, професор, віце президент, Мула Сіткі Кочман Університет, м. Мула, Туреччина
Калініченко Н. А. – доктор педагогічних наук, професор ЦДПУ ім. В. Винниченка
Клім-Клімашевська А. – доктор педагогічних наук, професор Природничо-гуманітарного університету в Седльцах, Республіка Польща
Кротерс Г. – доктор філософії, професор Белфастського університету Її Величності, Об'єднане Королівство Великобританії та Північної Ірландії
Кушнір В. А. – доктор педагогічних наук, професор ЦДПУ ім. В. Винниченка
Радул В. В. – доктор педагогічних наук, професор ЦДПУ ім. В. Винниченка
Радул О. С. – доктор педагогічних наук, професор ЦДПУ ім. В. Винниченка
Рангелова Е. – доктор педагогічних наук, професор, голова Міжнародної асоціації професорів слов'янських країн, Республіка Болгарія
Растригіна А. М. – доктор педагогічних наук, професор ЦДПУ ім. В. Винниченка
Садовий М. І. – доктор педагогічних наук, професор ЦДПУ ім. В. Винниченка
Сметанова Є. – доктор філософії, професор університету святих Кирила та Мефодія, м. Трнава, Словаччина
Ткаченко О. М. – доктор педагогічних наук, професор ЦДПУ ім. В. Винниченка
Шандрук С. І. – доктор педагогічних наук, професор ЦДПУ ім. В. Винниченка

Друкується за рішенням вченої ради Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка (протокол № 10 від 26.04.2018 року)

Статті подано в авторській редакції

© Центральноукраїнський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка, 2018

UDC 378
BBK 81.2(3)
A 34

Academic notes / Ed. board: V. F. Cherkasov, V. V. Radul, N. S. Savchenko, etc. – Edition 168. Series: Pedagogical Sciences. – Kropyvnytskyi: EPC of Centralukrainian Volodymyr Vynnychenko State Pedagogical University, 2018. – 284 p.

ISBN 978–7406–57–8
ISSN 2415–7988 (Print)
ISSN 2521–1919 (Online)
ICV 2016 = 54.23

Reviewers: **Oleksuk O. M.**, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor;
Komarovska O. A., Doctor of Pedagogical Sciences, Professor.

«Academic Notes. Series: Pedagogical Sciences» is included into the List of Scientific Professional Publications of Ukraine, which can publish the results of dissertations for obtaining scientific degrees of Doctor and Candidate of Sciences. Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine № 241 of 09.03.2016.

The collection is registrered in the international catalogues of periodicals and database **Copernicus** and **Google Scholar**.

Editorial Board:

Academic editor:
Cherkasov V. F. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Centralukrainian Volodymyr Vynnychenko State Pedagogical University

Assistant of Academic editor:
Savchenko N. S. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Centralukrainian Volodymyr Vynnychenko State Pedagogical University

Executive Secretary:
Grozan S. V. – Candidate of Pedagogical Sciences, Senior Lecturer of Centralukrainian Volodymyr Vynnychenko State Pedagogical University

Editorial Board:
Abu Hussain J. – Deputy President of Graduate Studies, Al-Qasemi College, Baka Al Garbiah, Israel
Anisimov M. V. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Centralukrainian Volodymyr Vynnychenko State Pedagogical University
Crothers G. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Centralukrainian Volodymyr Vynnychenko State Pedagogical University
Goktas O. – Dean of Faculty of Technology, Mugla Sitki Kocman University, Turkey
Kalinichenko N. A. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Centralukrainian Volodymyr Vynnychenko State Pedagogical University
Klim-Klimashevska A. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor of Natural-humanitarian University of Siedlce, Republic of Poland
Kushnir V. A. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Centralukrainian Volodymyr Vynnychenko State Pedagogical University
Radul O. S. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Centralukrainian Volodymyr Vynnychenko State Pedagogical University
Radul V. V. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Centralukrainian Volodymyr Vynnychenko State Pedagogical University
Rangelova E. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, President of the International Association of professors of Slavonic countries, the Republic of Bulgaria
Rastrygina A. M. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Centralukrainian Volodymyr Vynnychenko State Pedagogical University
Sadovyi M. I. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Centralukrainian Volodymyr Vynnychenko State Pedagogical University
Shandruk S. I. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Centralukrainian Volodymyr Vynnychenko State Pedagogical University
Smetanova E. – PhD, Head of Department of British and American Studies, Faculty of Arts, University of Saints Cyril and Methodius, Trnava, Slovakia
Tkachenko O. M. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Centralukrainian Volodymyr Vynnychenko State
Erdil Ysuf Ziya – Vice President, Mugla Sitki Kocman University, Turkey

Published by the resolution of the Academic Council of the Centralukrainian Volodymyr Vynnychenko State Pedagogical University (Protocol № 10 of 26.04.2018)

The articles are presented in the authors editing

© *Centralukrainian Volodymyr Vynnychenko State Pedagogical University, 2018*

2. Gasparyan. A.A. (2011) *Ispol'zovanie CMS pri sozdanii obrazovatel'nyh resursov* [Using CMS in creating educational resources]. [To the scientist. item: scientific. Journal].

3. Grushevskaya. V.Yu., Griban. O.N. (2012) *Sistemy upravlenija kontentom i obucheniem kak instrumenty sozdanija informacionnoj sredy obrazovatel'nogo uchrezhdenija* [Content management systems and learning as tools for creating the information environment of an educational institution]. Pedagogical Education in Russia. 2012.

4. Demina. A.V. (2015) *Sistemy upravlenija kontentom CMS JOOMLA: uchebnoe posobie dlja studentov napravlenija 080500.62 «Biznes- informatika». 09.03.03 «Prikladnaja informatika». magistrov napravlenija 38.04.05 «Biznes informatika».* [Content management systems CMS JOOMLA: a tutorial for students in the direction 080500.62 «Business Informatics». 09.03.03 «Applied Informatics» [masters of the direction 38.04.05 «Business Informatics»]. Saratov.

5. Kolos. K.R. Spirin. O.M. (2011) *Pedagogichnyj eksperyment z rozvytku predmetnyh kompetentnostej uchyteliv informatyky zasobamy dystancijnogo navchannja* [Pedagogical experiment on the development of subject competencies of teachers of informatics by means of distance learning] [Electronic resource].

6. Kolos, E.R. (2012) *Struktura i osnovnye komponenty Moodle-orientirovannoj didakticheskoj modeli razvitija predmetnyh kompetentnostej uchitelej informatiki* [Structure and main components of the Moodle-oriented didactic model of development of subject competences of teachers of informatics] [Electronic resource].

7. *Sistema elektronnogo navchannja VNZ na bazi MOODLE* [The system of e-learning universities on the basis of MOODLE]: [Methodological manual]. Cherkassy.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

ЗЕЛІНСЬКА Снеджана Олександрівна – кандидат педагогічних наук, докторант кафедри прикладної математики та інформатики Криворізького педагогічного університету.

Наукові інтереси: інформаційно-комунікативні технології.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

ZELINSKAYA Snegiana Alexandrovna – Mathematics and Informatics of Krivoy Rog Pedagogical University.

Circle of scientific interests: information and communication technologies.

Дата надходження рукопису 11.04.2018 р.
Рецензент – д.пед.н., професор М.В. Анісімов

УДК 001.126:539.1

ІЛЬНИЦЬКА Катерина Сергіївна –
викладач кафедри фізики і астрономії та методики їх викладання
Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини
e-mail: e-ilnitskaja@udpu.edu.ua
КРАСНОБОКИЙ Юрій Миколайович –
кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики і астрономії та методики їх викладання
Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини
e-mail: redsider@udpu.edu.ua

ЛЮДВІГ БОЛЬЦМАН І АТОМІСТИКА
(історичний екскурс)

Постановка та обґрунтування актуальності проблеми. Класична фізика, починаючи з часів Ньютона, робила спроби більш чи менш успішно звести всі фізичні явища до механічних рухів і взаємодій твердих і неподільних атомів. Ця концепція атомістики проіснувала практично без змін від Демокріта до кінця XIX сторіччя. Ньютон вважав атоми маленькими твердими неподільними об'єктами, з яких побудована вся матерія; він досить точно описав сили, які діють між системами частинок, за допомогою створеного ним же диференціального числення. Рівняння руху Ньютона складають фундамент класичної механіки і вважаються точними законами, у відповідності з якими рухаються матеріальні точки. Завдяки йому Ньютонівська механіка застосовувалася в небесній механіці, для опису руху рідин, коливань пружних тіл тощо. Нарешті, навіть теорія теплоти була зведена до механіки, коли теплоту почали розглядати як енергію молекул, які здійснюють складні коливальні рухи.

Проте вивчення за допомогою рівнянь Ньютона вкрай нерегулярних траєкторій окремих молекул виявилося абсолютно безнадійною справою. Така ситуація існувала до тих пір, поки не розпочався процес застосування ймовірнісних методів до опису систем, які складаються з великої кількості частинок. На теперішній час застосування теорії ймовірностей у термодинаміці або квантовій механіці виглядає таким же природним, як і застосування диференціальних рівнянь в астрономії. Проте у XIX ст. статистичні підходи викликали у більшості фізиків почуття незадоволеності. Перше доведення Максвеллом закону розподілу молекул за швидкостями вбачалося його сучасниками непереконливим, оскільки у процесі доведення жодним чином не використовувалися будь-які характеристики або властивості молекул газу. Для фізиків XIX ст. загальні теореми набували правдоподібності лише у тому випадку, якщо їх можна було підтвердити на прикладі хоча б однієї механічної моделі. Тому цілком природно представити, що на початку своєї наукової діяльності Больцман намагався дати чисто

© Ільницька К.С., Краснобокий Ю.М., 2018

механічне пояснення другого начала термодинаміки.

Але, послідовно сповідуючи атомістичну концепцію будови матерії, він врешті став одним із творців статистичної фізики і фізичної кінетики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій щодо творчості Больцмана. Насамперед варто відзначити, що ім'я Людвіга Больцмана і короткий (конспективний) опис його життєвого шляху і наукового доробку містять як енциклопедичні видання [14, с. 523], так і довідники [18, с. 45-46] й словники [2, с. 64], що відзначає Больцмана як вченого зі світовим ім'ям. Підтвердженням цьому є й спогади про нього видатних вчених-фізиків лауреатів Нобелівської премії [12; 19; 21]. Цікавий матеріал про Больцмана і фундаментальні праці в галузі статистичної фізики (зокрема Смолуховського) були опубліковані у ювілейному збірнику присвяченому 60-річчю від дня народження Больцмана [15].

Щодо сучасних публікацій, то, безумовно, варто звернути увагу на значний обсяг інформації про науковий доробок Больцмана в історичному контексті, який містить навчальний посібник М.І. Шута і Н.П. Форостяної [20, с. 87-98]. У навчальному посібнику М.І. Садового і О.М. Трифонової наводиться факт розв'язання Больцманом відомої у статистичній фізиці проблеми «демона Максвелла» та інші дані [10, с. 166-167].

На сучасному ж науковому рівні больцманівські теоретичні статистично-ймовірнісні підходи до вивчення молекулярної кінетики і термодинаміки знаходять своє відображення у загальних курсах фізики для вищих закладів освіти, наприклад [11, с. 287-313].

Але в більшості публікацій про Больцмана або зовсім не акцентується увага, а якщо це й робиться, то досить побіжно [6, с. 122-126], на його дискусіях з М. Планком, на аналізі і співставленні методологічних принципів і наукових концепцій Больцмана, Маха і Оствальда стосовно структурної будови матерії та на тому, що витоком його геніальних відкриттів була тверда позиція щодо атомістичних основ фізичної картини світу.

Мета статті. Розкрити внесок Людвіга Больцмана в утвердження атомістичної концепції будови матерії, формування основ статистичної механіки і фізичної кінетики.

Методи дослідження. Вивчення і аналіз історичних (архівних) джерел і оригінальних праць дослідників життєвого шляху та наукової спадщини Людвіга Больцмана.

Виклад основного матеріалу дослідження. У 1866 році була опублікована докторська дисертація Больцмана «Механічний зміст другого начала термодинаміки».

Роком раніше Клаузіус надав феноменологічній термодинаміці завершеної форми, ввівши нову функцію стану – ентропію. Пізніше Клаузіус усвідомив, що в основу теорії теплових явищ необхідно покласти два закони, один з яких випливає із еквівалентності механічної і теплової енергії, а другий – із необхідності процесів перетворення теплоти в механічну роботу. Експериментальним обґрунтуванням першого закону став знаменитий дослід Джоуля.

Через нову функцію стану – ентропію S – температура системи T пов'язувалася з кількістю теплоти δQ, отриманою системою за оборотних процесів, співвідношенням $\delta Q = TdS$; для необоротних процесів справедливе співвідношення у вигляді нерівності $\delta Q > TdS$ (за цього δQ – не приріст теплоти, а dS – повний диференціал ентропії, таким чином тут T інтегруючий множник). У формі цих двох тверджень Клаузіус і сформулював друге начало термодинаміки [4, с. 127].

Больцман, намагаючись відшукати ті спільні механічні положення, із яких можна було б отримати обґрунтування закону ентропії, спочатку з'ясував, яким чином розподіляється енергія між молекулами тіла, яке знаходиться в стані термодинамічної рівноваги. Цю проблему, сформульовану Максвеллом для окремого випадку, Больцман вирішив у загальному вигляді.

Із законів механіки, у відповідності з якими енергія системи розподіляється між молекулами, Больцман вивів рівняння Карно-Клаузіуса $A = (T_2 - T_1)Q/T_1$, за яким визначалася кількість теплоти, яка може бути перетворена в механічну роботу в оборотному циклічному процесі.

У 1872 році у статті «Подальші дослідження рівноваги газових молекул» Больцман вивів своє знамените кінетичне рівняння. У цій же статті він побудував H-функцію, аргументи якої залежать від числа молекул, які знаходяться в тому чи тому стані; H-функція досягає мінімального значення у стані рівноваги і на цій підставі була ототожнена Больцманом з ентропією. Величина цієї функції визначає міру відхилення від статистичної рівноваги. Больцман довів, що за виконання припущення про молекулярний «безлад» H-функція змінюється лише в одному напрямі, тобто вона необоротна.

Введення H-функції лягло в основу так званої «H-теореми Больцмана», яка стала одним з основних положень фізичної кінетики. Згідно з цією теоремою, існує деяка функція H координат і імпульсів частинок, яка однозначно характеризує стан замкнутої макроскопічної системи, і яка монотонно спадає з часом за необоротних процесів та залишається постійною у рівноважному стані: $(dH/dt) \le 0$. Величина H пропорційна ентропії S, взятій з протилежним знаком. Тобто, ентропія S може лише зростати, або залишатися незмінною: $(dS/dt) \ge 0$. Таким чином, H-теорема дала пояснення з молекулярно-кінетичної точки зору, встановленому термодинамікою факту зростання ентропії з часом за необоротних процесів.

Больцман показав, що ентропія S є мірою ймовірності перебування системи у даному стані. Зменшення H (і зростання S) означає, що система намагається перейти із менш ймовірного у більш

ймовірний стан.

У 1877 році в роботі «До питання про зв'язок другого закону механічної теорії теплоти з теорією ймовірностей» Больцман співставив різні уявлювані розподіли молекул у газі з їх ймовірністю. Новий метод Больцмана полягав у прямому підрахунку числа різних способів, якими може бути реалізований даний розподіл за допомогою комбінаторики. Повний опис молекулярного стану, або «комплексії», за термінологією Больцмана, вимагав знання енергії кожної окремої молекули [1].

З історичної точки зору надзвичайно цікавим є факт висунення Больцманом у цій роботі гіпотези, що молекула газу може набувати або втрачати лише дискретні порції енергії, які кратні цілим числам деякої найменшої порції енергії ε. «Перед зіткненням, – пише Больцман, – кожна з двох молекул, які стикаються, мають живу силу 0, або ε, або 2ε і т.д. ... або $r\varepsilon$ і внаслідок якоїсь причини буде відбуватися те, що після співудару ніколи жодна з цих молекул не набуває живої сили, яка б не містилася в цьому ряду».

Молекулярний розподіл, де вказані числа $w_0, w_1, \ldots, w_r$ (w_r – число молекул, які мають енергію $r\varepsilon$; r – ціле число; ε – деяке мале значення енергії), може реалізовуватися деяким числом різних комплексій. Це число P дасться виразом:

$$P = \frac{N!}{w_0!, w_1!, \ldots, w_r!}.$$

де N – загальне число молекул:

$$N = w_0 + w_1 + w_2 + \ldots + w_r,$$

а загальна енергія дорівнює:

$$\mathrm{E} = \varepsilon w_1 + 2\varepsilon w_2 + 3\varepsilon w_3 + \ldots .$$

Больцман запропонував вважати P пропорційним ймовірності розподілу. Величина P носить назву статистичної ваги макростану: всі P мікростанів відповідають одному макростану газу.

Логарифмуючи вираз для ймовірності і знаходячи максимум цієї логарифмічної функції за умови сталості N і E, Больцман приходить до відомого тепер розподілу Максвелла-Больцмана, який виявився, таким чином, найбільш ймовірним розподілом.

У відповідності з обчисленням ймовірностей найбільш ймовірним буде той розподіл, для якого величина $P = N!/(w_0!, w_1!, \ldots, w_r!)$ буде максимальною.

Той факт, що після перетворення (за формулою Стірлінга) Больцман отримав вираз $\log P = -\sum_r w_r \ln w_r const$, який з точністю до сталого множника співпадає з отриманим у 1872 р. виразом для H-функції $H = \sum f \log f$, дозволив Больцману зв'язати ентропію з ймовірністю стану.

Відносно просте доведення і простий точний вираз співвідношення між ентропією і ймовірністю отримав Планк. Саме в позначеннях Планка це співвідношення (яке тепер майже у всіх підручниках з фізики називають формулою Больцмана) має вигляд:

$$S = k \ln W,$$

де S – ентропія, W – термодинамічна ймовірність стану системи, k – стала, яку ввів і визначив її чисельне значення Планк і на честь Больцмана назвав його ім'ям [11, с. 310; 16, с. 168-171].

Подібно до встановленого Максвеллом закону розподілу молекул за швидкостями, фундаментальне співвідношення $S = k \ln W$, яке є основою статистичної механіки, було отримане шляхом поєднання послідовно сповідуваній атомістичній концепції і застосуванню методів теорії ймовірностей до аналізу систем, які складаються з великого числа частинок.

Встановлення зв'язку між ентропією і ймовірністю, за словами Лауе, є вершиною творчості Больцмана і одне з найглибших досягнень всієї фізики. Це співвідношення містить найбільш глибоке визначення фундаментального поняття ентропії.

Обґрунтування ентропії на розрахунку ймовірності часто застосовував Ейнштейн, який називав його «принципом Больцмана» і вважав, що завдяки створенню цих понять Больцман проклав шлях квантовій теорії.

У 1897 році Планк, основною ідеєю якого була ідея про абсолютний смисл термодинамічної ентропії і який протягом всього свого життя займав різку позицію по відношенню до атомістики і больцманівського ймовірнісного трактування ентропії, вирішив продемонструвати плідність свого підходу на прикладі вивчення випромінювання абсолютно чорного тіла.

Відомо, що, «не бачачи іншого шляху», Планк змушений був використати співвідношення Больцмана, яке зв'язувало ентропію системи з ймовірністю її стану, і зрозумів, що підхід Больцмана був необхідний для пояснення квантового характеру випромінювання. Планк став відомий як автор теорії квантів, для створення якої він застосував фундаментальну ідею свого давнього опонента.

Ні Планк, ні Мах не сприймали статистичної інтерпретації другого начала термодинаміки. Мах завжди був критично налаштований по відношенню до ймовірнісного тлумачення другого начала термодинаміки Больцманом. У 1896 році у праці «Теорії теплоти» Мах писав: «Механічна концепція другого закону, яка основана на відмінностях упорядкованого і неупорядкованого рухів і встановлення паралелізму між зростанням ентропії і зростанням неупорядкованості руху, здається достатньо штучною» [7, с. 364]. Мах вважав атоми штучними, «мудрувальними» конструкціями. «Цінність цих понять для спеціальних, обмежених цілей незаперечна, – писав він. – Вони залишаються економічним описом символічного досліду. Але ми не маємо права очікувати від них, як і від алгебраїчних символів, будь-чого більшого, ніж ми вклали в них ...» [8, с. 1589].

Історики фізики у працях, присвячених аналізу співвідношення методологічних концепцій Максвелла, Больцмана і Маха, відмічають, що Мах був неспроможний визнати вирішальний крок,

зроблений Больцманом у напрямку відмови від феноменологічної ентропії і уведення ймовірнісного її трактування. Якщо для Больцмана чуттєво наповнений внутрішній образ (атомів) був тим підґрунтям, без якого не могло бути зведене друге начало термодинаміки до ступеня реального принципу, то для Маха з його «принципом економії мислення» уведення нової сутності – «ймовірності» – було глибоко чужим щодо його методології [3, с. 99].

Планк змінив своє відношення до больцманівської статистичної механіки після дискусії з Больцманом щодо проблем необоротності випромінювання. Вивчаючи проблему розподілу енергії у спектрі випромінювання абсолютно чорного тіла, Планк вирішив застосувати при дослідженні рівноваги між речовиною і випромінюванням поряд з максвеллівськими рівняннями електромагнітної теорії світла також і міркування, основані на розумінні термодинамічної природи рівноваги між речовиною і випромінюванням.

Розглядаючи закони розсіювання плоских електромагнітних хвиль на лінійних осциляторах, Планк отримав вірний вираз для розподілу енергії, виходячи зі співвідношення Больцмана, яке зв'язує ентропію і ймовірність. Він вирахував ймовірність, яка була відповідною певній енергії монохроматичних резонаторів, потім ентропію системи, а звідси і її температуру. За цього він передбачив, що енергія системи резонатора складається із дискретних квантів енергії величиною $h\nu$.

У своїй «Науковій автобіографії» (виданій після смерті у 1948 році) Планк пише, що він розповів Больцману про атомістичне обґрунтування свого закону випромінювання. Проте, відомий австрійський радіохімік і фізик-ядерник Ліза Мейтнер відмічала дивний факт з цього приводу: у своїх лекціях у Відні з 1902 по 1906 роки Больцман ніколи не згадував квантової теорії Планка, а також пояснення Ейнштейном явищ фотоефекту і броунівського руху. Можливо це було пов'язано з тим, що починаючи з кінця 70-х років, коли Планк захистив свою докторську дисертацію, у якій він робив спробу побудувати загальну феноменологічну теорію ентропії, і аж до відкриття квантів випромінювання, він перебував в опозиції по відношенню до кола ідей Больцмана; у цьому зв'язку цілком можливо, що Больцман міг дуже обережно сприйняти таку різку зміну позиції Планка. Згодом Планк визнав, що він був неправий, відкидаючи ймовірнісну інтерпретацію ентропії і необхідність атомістичного світогляду у фізичній картині світу.

Відомо, що атомістичні переконання Больцмана піддавалися жорстокій критиці. У зв'язку з чим у науково-історичній літературі інколи зустрічаються твердження, що нападки з боку махістів і енергетистів штовхнули Больцмана до рішення покінчити життя самогубством [18, С. 45-46]. Це, на наш погляд, сумнівне твердження, оскільки до кінця життя Больцмана його погляди, ідеї, зокрема й атомістичний підхід, отримували підтримку й заслужене визнання. Вони сприймалися і розвивалися іншими дослідниками, зокрема Лоренцем, Планком, Гіббсом, Пуанкаре, Ейнштейном та ін. можливо причиною самогубства була важка хвороба Больцмана в останні роки його життя [14, с. 523].

Для Больцмана атомістика завжди була тією базовою компонентою його наукового світогляду, завдяки якій він намагався дати пояснення багатьом фактам, ідеям і навіть першоосновам природи і творчості.

Так у своїх лекціях (Париж, 1912 р.) щодо успіхів молекулярно-кінетичної теорії, неначе підводячи підсумки тривалої боротьби прибічників феноменологічного опису з прихильниками атомістики, Лоренц відмічав: «Зараз не можна мати жодного сумніву у їх існуванні після того, як «реальність молекул» стала фактом, майже «спостережуваним» безпосередньо; молекули існують для нас абсолютно так само, як і багато інших предметів, яких безпосередньо ми не бачимо, але в існуванні яких наш розум зовсім не сумнівається». Далі Лоренц продовжував: «Спираючись на ці блискучі результати, доречно поставити питання: чи не можна знайти закон Карно-Клаузіуса за допомогою молекулярних теорій, розуміючи, звичайно, останні в дуже широкому смислі, оскільки загальності результату повинна якимось чином відповідати загальність засновків? Австрійському фізику Больцману належить честь першого успішного підходу до цієї задачі і встановлення зв'язку між поняттям ймовірності, сприйнятого певним чином, і термодинамічними функціями, зокрема ентропією».

У 1929 році Шредінгер пригадував: «Старий Віденський інститут Людвіга Больцмана ... дав мені можливість проникнутися ідеями цього могутнього розуму. Коло цих ідей стало для мене неначе першою любов'ю до науки, ніщо інше мене так не захоплювало і, мабуть, ніколи вже не захопить. До сучасної теорії атома я наближався дуже повільно. Її внутрішні протиріччя звучать як пронизливі дисонанси порівняно з чистою, неумолимо ясною послідовністю думки Больцмана» [19, с. 678].

На думку Зоммерфельда, Больцман володів «атомістично структурно влаштованим інтелектом» [12, с. 197]. Еренфест писав: «Больцман неначе бачить і відчуває молекули в їх неупорядкованому русі. У цьому хаосі він зумів вказати на чіткі закономірності, існування яких гарантується відомими термодинамічними законами» [22, с. 132].

Популярність Больцмана у науковому середовищі була надзвичайно висока, він був членом 39 академій наук, серед них академій: Амстердама, Берліна, Вашингтона, Відня, Геттінгена, Лондона, Нью-Йорка, Парижа, Петербурга, Риму, Стокгольму, Турину, Упсала та ін.; а також почесним доктором університету в Оксфорді.

У Голландії група фізиків і фізико-хіміків на

чолі з Ван-дер-Ваальсом переконливо інтерпретувала нові експерименти на основі молекулярної теорії. Х.А. Лоренц застосував кінетичну теорію Больцмана до вивчення поширення звуку і поведінки електронів у металі. Пуанкаре з живим інтересом спостерігав за розвитком кінетичної теорії, а Марсель Бріллюен і Поль Ланжевен робили спроби інтерпретації робіт Максвелла і Больцмана.

Подальшого визнання зазнав і больцманівський атомізм. У 1907 році, уже після того як пояснення броунівського руху переконало Оствальда в існуванні атомів, у статті «Доля атома» він, пояснюючи свій попередній скептицизм, відмічав, що атомізм був для нього надто прикрашений «квітами фантазії» [9, С. 313].

У 1904 році вийшла робота Смолуховського «Про нерівномірності у розподілі молекул у газі і їх вплив на ентропію у рівнянні стану», у якій він на прикладі локальних коливань густини ідеального газу показав, що в кожному елементі об'єму з ймовірністю, яка визначається законом похибок Гаусса, відбуваються відхилення густини від середнього значення (флуктуації). Смолуховський також показав, що для дуже малих об'ємів, у яких міститься все ж ще велике число молекул, відбувається виродження цього закону Гаусса, яке врешті виявилося суттєвим для пояснення дослідів Сведберга.

У 1906 р. Смолуховський дав повне пояснення броунівського руху. За словами Зоммерфельда, «можна лише дивуватися, що Больцман, який заклав всьому основу, сам не отримáв цього очевидного наслідку його кінетичних принципів» [13, с. 150].

До 1905 року відноситься також й поява короткої замітки Ейнштейна про броунівський рух, обгрунтованому цілком на атомізмі матерії. У ній Ейнштейн писав: «Якщо розглядуваний тут рух разом з очікуваними закономірностями дійсно буде спостерігатися, то класична термодинаміка вже для мікроскопічно різних областей не може вважатися цілком дійсною, і тоді можливе точне визначення істинних атомних розмірів» [21, с. 108]. Уже в 1908 р., виходячи з формули Ейнштейна, Ж. Перрен експериментально визначив число Авогадро. Упевненість Перрена в реальності атомів і його блискучі експерименти призвели до вирішальних змін у світогляді вчених на користь атомістики.

Висновки з дослідження і перспективи подальших розробок. Атомістична програма в науці завершилася у XIX ст. створенням статистичної механіки. Цю думку чітко сформульовано у [17, с. 8]: «Специфіка систем, які вивчаються статистичною механікою полягає, головним чином, у тому величезному числі ступенів вільності, які притаманні цим системам. Методологічно це означає, що позиція статистичної механіки визначається не механічною природою, а атомістичною будовою матерії». З першими успіхами атомістики назавжди залишиться ім'я Больцмана – палкого прихильника цієї концепції, одного з творців статистичної механіки.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Boltzmann L. Über die Beziehung zwischen dem zweiten Hauptsatzes der Wörmetheorie und Wahrscheinlichkeitsrechnung. Wien. B er. 76. 1877.
2. Бородін О.І., Бугай А.С. Біографічний словник діячів у галузі математики. – К.: Радянська школа, 1973. – 607 с.
3. Карцев В. П. Максвелл и чувственный образ физического мира. – Вопр. истории естеств. и техн., 1980, № 1. – М.: Наука. – 162 с.
4. Klein M. J. Gibbs on Clausius, Historical Studies in the Physical Sciences/Ed. Mc- Cormmach.-Philadelphia, 1969.
5. Кудрявцев П.С. Курс истории физики. Учеб. пособие для студентов физ.-мат. фак. пед. ин-тов. – М.: «Просвещение», 1974. – 312 с.
6. Kuznetzova O.V. Ludwig Boltzmann: from atomism to statistical mechanics. – «Вопр. истории естеств. и техн.», 1981, №3. – М.: Наука. – 176 с.
7. Mach E. Wärmelehre. – Leipzig, 1896.
8. Mach E. Zur Geschichte und Kritik der Carnot'sehen Wärmegesetzes. Wien. Ber., 1892. 101.
9. Оствальд В. Насущная потребность.— СПб., 1912.
10. Садовий М.І., Трифонова О.М. Історія фізики з перших етапів становлення до початку XXI століття: навчальний посібник [для студ. ф.-м. фак. вищ. пед навч. закл.] – Кіровоград: ПП «Центр оперативної поліграфії «Авангард»», 2013. – [2-ге вид. переробл. та доп.] – 436 с.
11. Сивухин Д.В. Термодинамика и молекулярная физика: Учеб. пособие для вузов. – 3-е изд. испр. и доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. – 592 с. – (Общий курс физики: Т. II).
12. Sommerfeld A. Ludwig Boltzmann zum Gedächtnis. – Chem. Z., 47, 1944.
13. Sommerfeld A. Zum Andenken an Marian Smoluchowski.— Phys. Z. 18, 1917; русск. перев. в кн.: Зоммерфяльд А. Пути познания в физике. – М., 1973.
14. Українська Радянська Енциклопедія. В 12-ти т. Вид. 2-ге. Т. 1. – К.: Голов. ред Укр. Рад. Енциклопедії, 1977. – 544 с.
15. Festschritt L. Boltzmann gewidmet zum 60 Geburgstage. – Leipzig, 1904.
16. Физический энциклопедический словарь. Т. 1. – М.: Советская энциклопедия, 1960. – 664 с.
17. Хинчин А.Я. Математические основания статистической механики. – М. – Л., 1943.
18. Храмов Ю.А. Физики. Биографический справочник. – К.: «Наукова думка», 1977. – 508 с.
19. Шредингер Э. Вступительная академическая речь 4 июня 1929 г. – В кн.: М. Планк. Избранные труды. – М., 1975.
20. Шут М.І., Форостяна Н.П. Вибрані питання історії молекулярної фізики (XVIII – початок XX ст.). Навчальний посібник. – К.: Шлях, 2003. – 152 с.
21. Einstein A. Über die von der: molekularkinetischen Theorie der Wärme geordete Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen. – Ann. Phys., 1905, t. 17.
22. Ehrenfest P. Ludwig Boltzmann. Coli. Sei. Pap. – Amsterdam, 1959; русск. перев. в кн.: Л. Больцман. Статьи и речи. – М.: Наука, 1970. – 488 с.

REFERENCES

1. Boltzmann L. Über die Beziehung zwischen dem zweiten Hauptsatzes der Wörmetheorie und Wahrscheinlichkeitsrechnung. Wien. V er. 76. 1877.
2. Borodin O.I., Buhai A.S. (1973) *Biohrafichnyi*

slovnyk diiachiv u haluzi matematyky [Biographical dictionary of figures in the field of mathematics]. K.: Radianska shkola.

3. Kartsev V. P. (1980) *Makswell y chuvstvennyi obraz fyzycheskoho myra* [Maxwell and the sensual image of the physical world]. Vopr. ystoryy estestv. y tekhn., 1980. № 1. – M.: Nauka.

4. Klein M. J. Gibbs on Clausius. Historical Studies in the Physical Sciences/Ed. Mc- Cormmach.-Philadelphia, 1969.

5. Kudriavtsev P.S. (1974) *Kurs ystoryy fyzyky* [A course in the history of physics]. Ucheb. posobye dlia studentov fyz.-mat. fak. ped. yn-tov. – M.: «Prosveshchenye».

6. Kuznetzova O.V. Ludwig Boltzmann: from atomism to statistical mechanics. – «Vopr. ystoryy estestv. y tekhn», 1981, №3. – M.: Nauka. – 176 s.

7. Mach E. Wärmelehre. – Leipzig, 1896.

8. Mach E. Zur Geschichte und Kritik der Carnotsehen Wärmegesetzes. Wien, Ber., 1892, 101.

9. Ostvald V. (1912) *Nasushchnaia potrebnost* [An urgent need]. SPb.

10. Sadovyi M.I., Tryfonova O.M. (2013) *Istoriia fizyky z pershykh etapiv stanovlennia do pochatku KhKhI stolittia: navchalnyi posibnyk* [History of physics from the first stages of formation to the beginning of the XXI century: a manual]. Kirovohrad: PP «Tsentr operatyvnoi polihrafii «Avanhard».

11. Syvukhyn D.V. (1990) *Termodynamyka y molekuliarnaia fyzyka: Ucheb. posobye dlia vuzov* [Thermodynamics and molecular physics: Proc. manual for high schools]. – 3-e yzd. yspr. y dop. – M.: Nauka. Hl. red. fyz.-mat. Lyt (Obshchyi kurs fyzyky; T. II).

12. Sommerfeld A. Ludwig Boltzmann zum Gedächtnis. – Chem. Z., 47, 1944.

13. Sommerfeld A. Zum Andenken an Marian Smoluchowski. – Phys. Z. 18, 1917; russk. perev. v kn.: Zommerfiald A. Puty poznanyia v fyzyke. M., 1973.

14. *Ukrainska Radianska Entsyklopediia* (1977) [Ukrainian Soviet Encyclopedia]. V 12-ty t. Vyd. 2-he. T. 1. – K.: Holov. red Ukr. Rad. Entsyklopedii.

15. Festschritt L. Boltzmann gewidmet zum 60 Geburgstage. – Leipzig, 1904.

16. *Fyzycheskyi entsyklopedycheskyi slovar* (1960) [Physical encyclopedic dictionary]. T. 1. – M.: Hos. nauch. yzd-vo «Sovetskaia entsyklopedyia».

17. Khynchyn A.Ia. (1943) *Matematycheskye osnovanyia statystycheskoi mekhanyky* [Mathematical Foundations of Statistical Mechanics].

18. Khramov Yu.A. (1977) *Fyzyky. Byohrafycheskyi spravochnyk* [Physicists. Biographical reference book]. – K.: «Naukova dumka».

19. Shredynher O. (1975) *Vstupytelnaia akademycheskaia rech 4 yiunia 1929 h* [Introductory Academic Speech June 4, 1929]. V kn.: M. Plank. Yzbrannye trudy. – M..

20. Shut M.I., Forostiana N.P. (2003)*Vybrani pytannia istorii molekuliarnoi fizyky (XVIII – pochatok KhKh st.). Navchalnyi posibnyk* [Selected questions of the history of molecular physics (XVIII - early XX centuries). Tutorial]. – K.: Shliakh.

21. Einstein A. Über die von der: molekularkinetischen Theorie der Wärme geordete Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen. Ann. Phys., 1905, t. 17.

22. Ehrenfest P. Ludwig Boltzmann. Coli. Sei. Pap. - Amsterdam, 1959; russk. perev. v kn.: L. Boltsman. Staty y rechy. – M.: Nauka, 1970. – 488 s.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

ІЛЬНІЦЬКА Катерина Сергіївна – викладач кафедри фізики і астрономії та методики їх викладання Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини.

Наукові інтереси: проблеми удосконалення методики викладання циклу природничих наук на основі компетентісного підходу.

КРАСНОБОКИЙ Юрій Миколайович – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики і астрономії та методики їх викладання Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини.

Наукові інтереси: проблеми удосконалення методики викладання циклу природничих наук на основі компетентісного підходу.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

IL'NITSKA Kateryna Serhiyivna – a teacher of the Department of Physics and Astronomy and methods of teaching in Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University.

Circle of scientific interests: problems of improving the methodology of teaching the cycle of natural sciences on the basis of competent approach.

KRASNOBOKYY Yuriy Mykolayovych – candidate of physical and mathematical sciences, associate professor of the department of physics and astronomy and methods of teaching in Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University.

Circle of scientific interests: problems of improving the methodology of teaching the cycle of natural sciences on the basis of competent approach.

Дата надходження рукопису 01.04.2018 р.
Рецензент – д.пед.н., професор М.І. Садовий

УДК 371.134

КІКТЄВА Алла Володимирівна –
аспірант кафедри фізики та методики її викладання
Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка,
викладач фізики, основ програмного забезпечення та комп'ютерних дисциплін
Кам'янського державного енергетичного технікуму.
ORCID ID 0000-0001-9466-0066
e-mail: kiktevaav@gmail.com

ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ СТУДЕНТІВ-ЕНЕРГЕТИКІВ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ І-ІІ РІВНЯ АКРЕДИТАЦІЇ

Постановка та обґрунтування актуальності проблеми. У сучасній освітній практиці поняття компетентності є ключовим, а компетентісний підхід – основа освіти. Поняття компетентність має інтегровану природою, адже включає в себе ряд однорідних знань і умінь, що відносяться до

© Кіктєва А.В., 2018